

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АГРОЕКОСИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ ЗРОШЕННЯ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ З УРАХУВАННЯМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

*У статті розглядається одна з основних проблем сучасної екології – забруднення ґрунтово-рослинного покриву під дією інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, що приводить до деградації ґрунтового покриву і погіршення якості одержуваної при цьому продукції. Територія Одеської області відноситься до однієї з ведучих на Україні по виробництву високоврожайної продукції, особливо овочевих культур. Це створює передумови для надходження в них забруднювальних речовин, у тому числі радіонуклідів.*

**Ключові слова:** мінералізація зрошувальної води, норма зрошення, концентрація важких металів і радіонуклідів.

**Вступ.** Для отримання високих та стійких врожаїв сільськогосподарських культур в умовах недостатнього зволоження та на ґрунтах, які утримують незначну кількість органічної речовини, до яких відноситься територія Одеської області, необхідно застосовувати інтенсивні технології вирощування. При інтенсифікації сільськогосподарського виробництва збільшується кількість забруднювальних речовин як у ґрунтовому, так і в рослинному покриві. До основних забруднювальних речовин відносяться важкі метали та радіонукліди, які входять у склад мінеральних добрив, хімічних заходів захисту рослин та зрошувальної води.

Ця проблема дуже широка та важлива. Тому над її вирішенням працює досить багато спеціалістів у різних галузях науки та безпосередньо у практичній діяльності. Останніми дослідженнями є роботи А.М.Польового по моделюванню процесу формування продуктивності зернових культур в умовах радіоактивного забруднення агроєкосистем, які викладені у багатьох наукових статтях та монографіях [1]. Основна мета проведеного дослідження - аналіз сучасного стану забруднення агроєкосистем зрошувальної території Одеської області радіонуклідами та важкими металами за допомогою математичного моделювання та фактичного рівня забруднення ґрунтів цими елементами.

**Об'єкти та вихідні матеріали дослідження.** Об'єктом дослідження була вибрана територія Одеської області, де застосовується зрошення під овочеві, коренеплідні та силосні культури. Зрошувальна вода містить визначені кількості радіонуклідів, важких металів, та інших забруднювальних речовин. Крім того, вона може мати підвищену мінералізацію та низький натрієво-кальцієвий потенціал, що утворює умови для засолення та осолонцювання ґрунту. За методикою [1] була розрахована концентрація радіонуклідів у ґрунті без урахування їх концентрації у зрошувальній воді. Розрахунки проводились за період з 1999 по 2002 рік.

**Методи дослідження.** Накопичення радіонуклідів у рослинах на зрошуваних землях відбувається внаслідок кореневого надходження радіонуклідів, а також у наслідок безпосереднього надходження радіонуклідів з поливної води в листя.

Сумарна активність [1], 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 на рослині виду  $i$ ;

$f_{w,i}$  - фракція утримання для рослини виду  $i$ ;

$A_w$  - питома поверхнева активність внесена при поливі.

Частка, утримуваніх рослиною 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 виду  $i$ ;

$LAI_i$  - поверхня листкової частини рослин, що приходить на одиницю площі їхнього росту;

$R$  - питомий об'єм поливу на одиницю площі листкової поверхні.

У випадку, якщо значення фракції утримання радіонуклідів перевищує 1, значення  $f_{w,i}$  приймається рівним 1. Значення ефективного утримання води  $S_i$ , які використовуються в моделі, приймалися для  $^{137}\text{Cs}$  - 0,2-0,3 мм, а для  $^{90}\text{Sr}$  - 0,4-0,6 мм в залежності від виду рослин. Значення  $LAI$  залежать від пори року. Для трави значення  $LAI$  простіше виразити через врожайність.

Активність рослинних продуктів формується за рахунок безпосереднього надходження радіонуклідів через листя, а також за рахунок кореневого надходження [2]

$$C_i(t) = C_{i,l}(t) + C_{i,r}(t), \quad (3)$$

де  $C_i(t)$  - загальна активність у рослин виду  $i$ , Бк/кг;

$C_{i,l}(t)$  - активність в рослині виду  $i$  від надходження через листя, Бк/кг;

$C_{i,r}(t)$  - активність в рослині виду  $i$  від кореневого надходження, Бк/кг.

Концентрація активності  $C_{i,l}(t)$  у момент  $t$  після поливу визначається початковою активністю в рослинах, втратами активності за рахунок погодних факторів (дощ, вітер), радіоактивним розпадом, а також ефектом "розведення" унаслідок росту біомаси рослин. Таким чином, концентрація активності може бути виражена як

$$C_{i,l}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i} \exp[-(\lambda_w + \lambda_r)\Delta t], \quad (4)$$

де  $C_{i,l}(\Delta t)$  - концентрація активності в рослині виду  $i$  у період збору врожаю;

$A_i$  - загальна питома активність на рослині виду  $i$ , що залежить від  $LAI$  даної рослини в момент поливу;

$Y_i$  - врожайність рослин виду  $i$  у період збору врожаю;

$\lambda_w$  - швидкість втрати активності за рахунок впливу погодних факторів;

$\lambda_r$  - константа радіоактивного розпаду;

$\Delta t$  - час, що пройшов з моменту поливу до збору врожаю.

Як  $\lambda_w$  приймається значення, що відповідає періоду напівочищення в 25 днів, а  $\lambda_b$  - сезонно залежна величина.

Величини  $\lambda_w$  і  $\lambda_b$  дають результуючий ефективний період напівочищення від 10 до 16 днів. Величина  $\lambda_r$  складає  $1,16 \cdot 10^{-2}$  доба<sup>-1</sup> (період напівочищення 60 днів).

Для рослин, що вживаються в їжу лише частково, необхідно розглянути процес переносу радіонуклідів від листя до їстівної частини рослини. Цей механізм залежить від фізіологічних властивостей розглянутого елемента: він має велике значення при надходженні цезію і практично не впливає на активність у випадку надходження стронцію. В останньому випадку відіграє роль лише безпосереднє надходження в

їстівну частину рослини. Крім того, кількість перенесеної активності залежить від тривалості періоду  $\Delta t$  між поливом і збором врожаю.

У моделі переносу, яка розглядається, описується коефіцієнт переходу  $T_i(\Delta t)$ , що являє собою фракцію активності, перенесену від листя до їстівної частини рослини до моменту збору врожаю. Коефіцієнт залежить від елемента, виду рослини, а також часу, що пройшов від поливу до збору врожаю.

Концентрація радіонукліда в рослинах виду  $i$ , зібраних через  $\Delta t$  днів після поливу визначається за формулою, згідно з [3]

$$C_{il}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i} T_i(\Delta t) \exp(-\lambda_r \Delta t), \quad (5)$$

де  $T_i(\Delta t)$  - коефіцієнт переходу для рослини виду  $i$ ;

$Y_i$  - врожайність їстівної частини рослини виду  $i$ .

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 та ґрунті

$$C_{i,r}(t) = TF_i C_s(t), \quad (6)$$

де  $C_{i,r}(t)$  - концентрація радіонукліда у рослині виду  $i$  від кореневого надходження в момент  $t$  після поливу;

$TF_i$  - коефіцієнт накопичення в системі "ґрунт - рослина" для рослини виду  $i$ ;

$C_s(t)$  - концентрація радіонукліда у прикореневій області ґрунту в момент  $t$ .

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 відрізу часу від поливу до збору врожаю до тривалості вегетації.

Концентрація в прикореновому шарі ґрунту розраховується по формулі згідно з [4]

$$C_s(t) = \frac{A_s}{L\delta} \exp[-(\lambda_s + \lambda_f + \lambda_r)t], \quad (7)$$

де  $A_s$  - загальна питома активність на ґрунті;

$L$  - глибина прикореневого шару;

$\delta$  - щільність ґрунту;

$\lambda_s$  - швидкість зменшення активності через переміщення за межі прикореневого шару;

$\lambda_f$  - швидкість фіксації радіонуклідів у ґрунті.

Для подальших розрахунків рівня забруднення фітоценозів використана інформація про стан рослинного покриву агроєкосистем досліджуваної території. Значення  $\lambda_s$  розраховувалось за формулою

$$\lambda_s = \frac{v_a}{L(1 + \frac{K_d \delta}{\Theta})}, \quad (8)$$

де  $v_a$  - швидкість просочування води в ґрунті;

$K_d$  - коефіцієнт розподілу;

⊕ - вміст води в ґрунті.

**Результати дослідження та їх аналіз.** За вище наведеною методикою була розрахована концентрація радіонуклідів у ґрунті без урахування їх концентрації у зрошувальній воді. Розрахунки проводились за період з 1999 по 2002 рік. Значення концентрації радіонуклідів приведені у табл. 1. Отримані значення добре узгоджуються з фактичним рівнем забруднення ґрунтів Одеської області, похибка розрахунків не перевищує 20%, тому дану методику можливо використовувати для оцінки радіонуклідного забруднення ґрунтового покриву.

Таблиця 1 – Забруднення радіонуклідами ґрунту районів зрошення Одеської області ( Ки/км<sup>2</sup>).

Район	Цезій - 137	Стронцій –90
Ананьївський	0,063	0,049
Арцизьський	0,075	0,016
Б.-Дністровський	0,060	0,029
Болградський	0,053	0,038
Ізмаїльський	0,130	0,071
Кілійський	0,056	0,029
Овідіопільський	0,054	0,023
Ренійський	0,057	0,034
Тарутінський	0,066	0,030
Татарбунарський	0,050	0,019

Аналіз наведеної таблиці 1 дозволив зробити наступні висновки. Для досліджуваної території глибина прикореневого шару приймалась для ріллі і пасовищ відповідно 0,2 і 0,1 метра. Середньорічна швидкість просочування, води передбачалась біля 2 м/рік, щільність ґрунту -  $1,6 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup> і середній вміст води в ґрунті вважався рівним 30 %. Коефіцієнт розподілу  $K_d$  для стронцію складав 90 см<sup>3</sup>/г, а для цезію – 900 см<sup>3</sup>/г. Швидкість фіксації радіонуклідів в ґрунті  $\lambda_f$  приймалась для цезію -  $2,05 \cdot 10^{-4}$  доба<sup>-1</sup>, а для стронцію –  $8,5 \cdot 10^{-5}$  доба<sup>-1</sup>.

У табл. 2 наведені розраховані коефіцієнти накопичення ґрунт - рослини  $TF_i$  (Бк/кг)/(Бк/кг) і коефіцієнти розподілу  $K_d$  (см<sup>3</sup>/г) у системі "ґрунт-вода" .

Таблиця 2 - Коефіцієнти накопичення ґрунт - рослини  $TF_i$  (Бк/кг)/(Бк/кг) і коефіцієнти розподілу  $K_d$  (см<sup>3</sup>/г) у системі "ґрунт-вода"

Рослина	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
Картопля	0,01	0,02
Злаки	0,02	0,03
Листкові овочі	0,02	0,03
Овочі-коренеплоди	0,01	0,02
Коефіцієнт розподілу	0,001	0,01

Для розрахунку рівня забруднення фітоценозів досліджуваної території необхідна інформація про врожайність основних сільськогосподарських культур, які

виросують у умовах зрошення. У табл. 3 приведені дані про врожайність цих культур у середньому за період дослідження.

Таблиця 3 - Врожайність різних культур в районах Одеської області, ц/га  
( в середньому за період з 1995 по 2002 рік)

Район	Зернові і зерно-бобові культури	Кукурудза на силос	Овочі	Цукровий буряк	Томати
Ананївський	16,3	304	272	333	271
Арцизький	15,6	305	239	369	279
Б.-Дністровськ	14,1	310	250	358	236
Болградський	15,3	311	241	414	309
Ізмаїльський	16,8	293	256	413	304
Кілійський	14,6	247	280	429	331
Овідіопіль	15,0	274	269	353	279
Ренійський	15,4	305	289	434	298
Тарутінський	16,0	267	265	426	292
Татарбунари	16,7	309	296	387	312

Отримані коефіцієнти переходу основних видів радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські культури приведені у табл. 4. З таблиці видно, що найбільші значення отримані для усіх культур при дощуванні. В зв'язку з біологічними особливостями сільськогосподарських рослин найбільші значення здібності поглинання спостерігаються у коренеплідних рослин, таких якими є буряк та капуста, тому найбільші коефіцієнти переходу радіонуклідів з поливної води у рослини спостерігаються саме у цих культурах. Це дозволяє зробити висновок про те, що для зменшення радіонуклідного забруднення врожаю сільськогосподарських культур, які вирощувались при зрошенні, необхідно застосовувати режим зрошення дощуванням.

Таблиця 4 - Середні коефіцієнти переходу радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські рослини  $10^{-3}$  (Бк/кг сирової маси)/(Бк/м<sup>2</sup> угідь)

Елемент	Спосіб поливу	Кукурудза, силос	Буряк, коренеплід	Томати, плоди	Огірки, плоди	Капуста, качан
Cs	по борознах	0,38	0,6	0,31	0,43	0,47
Cs	дощування	0,62	0,7	0,62	0,61	0,78
Sr	по борознах	0,06	0,8	0,33	0,43	0,81
Sr	дощування	0,15	0,75	0,98	0,42	1,02

Останнім питанням є вирішення проблеми переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини кореневим шляхом. Для вирішення цього питання у табл. 5 приведені середні значення коефіцієнтів для основних сільськогосподарських культур і типів ґрунту.

Таблиця 5 - Середнє значення коефіцієнтів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини  $10^{-3}$  (Бк/кг)/(Бк/м<sup>2</sup> угідь)

Рослини	Дерново-підзолистий		Чорнозем звичайний		Чорнозем південний	
	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs
Кукурудза	0,73	0,275	0,14	0,062	0,056	0,042
Коренеплоди	0,65	0,8	0,12	0,02	0,055	0,01
Капуста	0,46	0,13	0,09	0,04	0,05	0,02
Томати	2,2	0,33	0,41	0,11	0,17	0,08

Виконуючи аналіз приведених даних, можна зробити висновок, що найбільші значення коефіцієнтів переходу відносяться до дерново-підзолистих ґрунтів і найменші до чорнозему південного. Що до сільськогосподарських культур, найбільші значення коефіцієнтів переходу належать до томатів ( по аналогії з деякими коефіцієнтами переходу з поливних вод до сільськогосподарських рослин).

**Висновки.** Для отримання врожаю сільськогосподарської продукції з найменшими значеннями кількості забруднювальних речовин ( радіонуклідів), яка вирощується в умовах зрошення, необхідно проводити зрошення дощуванням, застосовувати зрошувальну воду з найменшими значеннями радіонуклідів та проводити агротехнічні заходи, що до зменшення сорбції радіонуклідів у ґрунті.

#### Список літератури

1. Полевой А. М. Моделирование процесса формирования продуктивности зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения агроэcosystem // Метеорология и гидрология. – 1993, № 3. С. 97 – 105.
2. Сельскохозяйственная радиоэкология./ Под ред. Р.М. Алексахина и Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1991. – 297с.
3. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование./ Под ред. Р.М. Алексахина. – М.: Энергоиздат, 1981. – 98 с.
4. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М. : Колос, 1996.

**Анализ современного состояния загрязнения агроэcosystem на орошаемой территории Одесской области с учетом интенсификации сельскохозяйственного производства.**

**Ильина В.Г., Чернякова О.И.**

*В статье рассматривается одна из основных проблем современной экологии – загрязнение почвенно-растительного покрова под действием интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, которое приводит к деградации почвенного покрова и ухудшению качества получаемой на нем продукции. Территория Одесской области относится к одной из ведущих на Украине по производству высокоурожайной продукции, в особенности овощных культур. Это создает предпосылки для поступления в них загрязняющих веществ, в том числе радионуклидов.*

**Ключевые слова:** минерализация орошаемой воды, норма орошения, концентрация тяжелых металлов и радионуклидов.

**The analysis of a modern condition of agroecosystem pollution on the irrigated territory of the Odessa area with the account of an agricultural production intensification.**

**Ilyina V. G , Chernyakova O. I.**

*In article one of the basic problems of modern ecology - pollution of a soil - vegetative cover under action of intensive technologies of cultivation of agricultural crops which results in degradation of a soil cover and deterioration of production received on it is considered. The territory of the Odessa area concerns to one of the basic in Ukraine on manufacture of high-yielding production, in particular vegetable cultures. It creates preconditions for receipt in them of polluting substances, including radionuclide.*

**Keywords :** mineralization of irrigation water, norm of irrigation, concentration of heavy metal and radionuclides.