

## РАДІОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*М.О.Троїцький, завідуючий відділом якості продукції та радіолого-токсикологічних досліджень*

*Н.М.Протченко, завідуючий сектором радіологічних досліджень  
Миколаївський обласний державний проектно-технологічний  
центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції*

*У статті висвітлено дані дослідження динаміки радіонуклідів в агроландшафтах Миколаївської області. Представлено дані порівняння вмісту радіонуклідів до і після аварії на Чорнобильській АЕС, швидкість їх зменшення в різні періоди після аварії та вторинного перерозподілу. Обґрунтовується доцільність посилення контролю за динамікою радіонуклідів (цезію-137 і стронцію-90) в ґрунтах та рослинах з метою отримання екологічно безпечної продукції.*

*В статье освещены результаты исследования динамики радионуклидов в агроландшафтах Николаевской области. Представлены данные о сравнительном содержании радионуклидов до и после аварии на Чернобыльской АЭС, их уменьшении в разные сроки после аварии и вторичном перераспределении. Доказывается необходимость усиления контроля динамики радионуклидов (цезия-137 и стронция-90) в почвах и растениях.*

Після закриття Чорнобильської АЕС переважна більшість працюючих об'єктів ядерної енергетики України зосереджена в її південній частині. Саме тому вивчення регіональних особливостей міграції радіонуклідів в системі "ґрунт-рослина", оцінка інтенсивності їх накопичення в рослинницькій продукції та надходження до організму людини через сільськогосподарські харчові ланцюжки є однією з умов екологічно безпечного функціонування ядерного паливного циклу.

Крім того, південні регіони України, зона розвинутого зрошувального землеробства, зазнають радіаційного впливу від вторинного перерозподілу радіонуклідів у верхній частині басейну Дніпра внаслідок змиву останніх із ґрунтів забруднених територій до дніпровських водосховищ та надходження на зрошувані сіль-

ськогосподарські угіддя з поливною водою.

Вивчення поведінки радіонуклідів в агроландшафтах півдня України має ще один важливий аспект, який безпосередньо відноситься до проблеми охорони і збереження родючості ґрунтів. Включаючись до біогеохімічних циклів міграції хімічних елементів в агроландшафтах, активно взаємодіючи з органічними та мінеральними компонентами ґрунту, радіонукліди стають зручним індикатором сучасних агрофізичних та агрохімічних ґрунтових процесів, зокрема ґрунтової ерозії [1].

Все вказує на доцільність проведення досліджень з сільськогосподарської радіології та радіоекології в південних областях України.

#### **Об'єкт та методи досліджень.**

Система досліджень динаміки радіонуклідів в агроландшафтах Миколаївської області, що систематично проводяться Миколаївським центром “Облдержродючість” з 1982 року, включає наступні розділи:

- Довготермінові спостереження в мережі радіологічних стаціонарів, закладених в районах області, 30-ти кілометровій зоні Південноукраїнської АЕС, територіях локального забруднення після аварії на ЧАЕС (всього 50 стаціонарів);
- Дослідження з уточнення радіаційного стану сільськогосподарських угідь області після аварії на ЧАЕС, що проводились в 1992-1993 рр. та виявили території локального забруднення в Арбузинському, Доманівському, Кривоозерському та Первомайському районах області;
- Радіоекологічний моніторинг сільськогосподарських угідь під час проведення еколого-агрохімічної паспортизації ґрунтів; основна увага приділяється територіям, що зрошуються водою з Дніпра та тим, що зазнали локального радіоактивного забруднення після чорнобильської аварії.

Під час проведення досліджень використовувались стандартні методи відбору зразків ґрунту та рослинності, що прийняті в практиці роботи радіологічних підрозділів державної служби охорони родючості ґрунтів [4,7].

Питому активність цезію-137 в підготовлених зразках визначали гама спектрометричним методом за допомогою сцинтиляційного гама-спектрометра; стронцій-90 визначали радіохімічним методом [5, 6].

Розрахунки коефіцієнтів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини проводили за методикою [2].

### Результати досліджень.

Доаварійні рівні вмісту радіонуклідів в ґрунтах області. Коректна оцінка впливу будь-якого забруднювача на екосистеми неможлива без урахування фонових його вмісту в компонентах екосистеми, що досліджується. Тому важливе значення має оцінка тих рівнів вмісту цезію-137 і стронцію-90 в ґрунтах області, що були до аварії і сформувались внаслідок глобальних опадів з атмосфери після випробувань ядерної зброї. Статистичний розподіл цезію-137 в ґрунтах радіологічних стаціонарів в 1985 році (Рис. 1) показує відсутність залежності вмісту радіонукліду від регіону області, але вказує на тісну залежність його від типу використання сільськогосподарських угідь. Всі стаціонари із вмістом Cs-137 більше 18 Бк/кг (правий максимум кривої розподілу) — це цілинні ділянки з непорушеною структурою верхнього шару ґрунту.

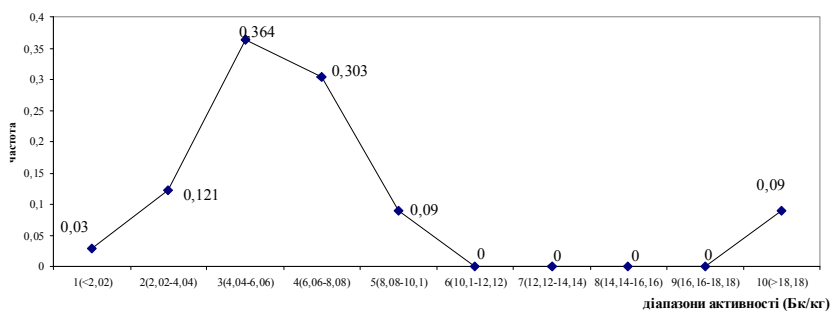


Рис.1. Розподіл Cs-137 в ґрунтах області до аварії на ЧАЕС

Середні значення вмісту доаварійного Cs-137 (6,87 Бк/кг для всіх типів с-г угідь та 5,59 Бк/кг для ріллі) в ґрунтах Миколаїв-

ської області практично співпадають з аналогічними даними, опублікованими для чорноземів звичайних Кіровоградської області [8] і тому можуть вважатися характерними для степової зони та використовуватись в якості “нульового фону”.

Форма кривої розподілу для стронцію-90 (Рис. 2) схожа з кривою розподілу цезію-137, але стронцій-90 в ґрунтах під ріллею та цілиною веде себе однаково.

Середнє значення доаварійного вмісту Sr-90 (3,2 Бк/кг) в ґрунтах Миколаївської області також незначно відрізняється від аналогічних даних для Кіровоградської області (4,0-4,3 Бк/кг).

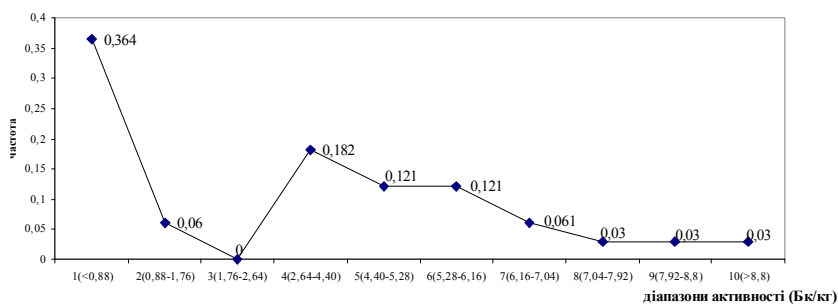


Рис. 2. Розподіл Sr-90 в ґрунтах області до аварії на ЧАЕС

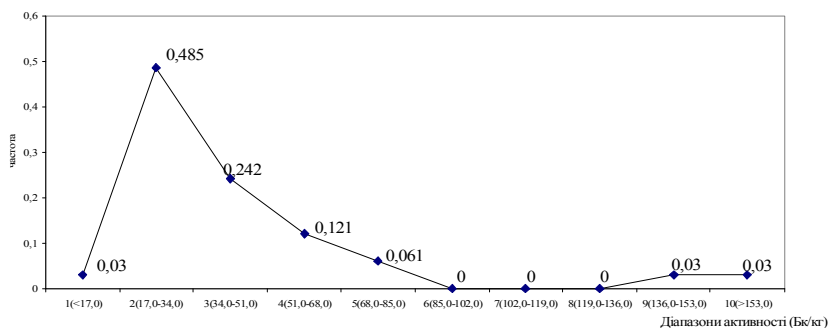
Після аварії на Чорнобильській АЕС 26 квітня 1986 року із зруйнованого реактора РБМК-1000 4-го енергоблоку у навколишнє середовище потрапило 50 Мкюри радіоактивних нуклідів. З них 0,5 Мкюри приходить на долю Cs-134, 1 Мкюри — на долю Cs-137 та 0,22 Мкюри — Sr-90. Практично вся територія України зазнала радіоактивного забруднення різного ступеню інтенсивності [9].

Дослідження вмісту радіонуклідів в ґрунтах радіологічних станційарів в перший рік після аварії показали (рисунок 2 та 3), що питома активність Cs-137 підвищилась майже в 10 разів (середній вміст цезію-137 в 1987 році — 44,7 Бк/кг) в порівнянні з доаварійним рівнем. Цезій-137 випав на території області нерівномірно: 6% від загального обсягу проб мають велику питому

активність — більше 136 Бк/кг.

Вміст стронцію-90 в порівнянні з доаварійним рівнем підвищився не так інтенсивно. Середня активність радіонукліду в ґрунтах в 1987 році — 9,43 Бк/кг (в 3 рази вище від доаварійного рівня), максимальна — 27,4 Бк/кг. Дослідження показали, що забруднення ґрунтів Sr-90 також має нерівномірний характер.

Дослідження з уточнення радіаційного стану сільськогосподарських угідь та з радіоекологічного моніторингу під час еколого-агрохімічної паспортизації показали, що нинішній стан радіаційного забруднення ґрунтів є наслідком нерівномірного випадіння аварійних радіонуклідів на території області та їх вторинного перерозподілу. 19,2% від обстежених в 1992-1999 роках площ с-г угідь мають доаварійний вміст Cs-137, а на 54,4% площ вміст радіонукліду незначно (до 2 разів) перевищує доаварійний рівень. Ці території можуть вважатися радіологічно чистими та використовуватись в якості сировинних зон для отримання радіологічно чистої продукції рослинництва з доаварійним вмістом радіонуклідів.

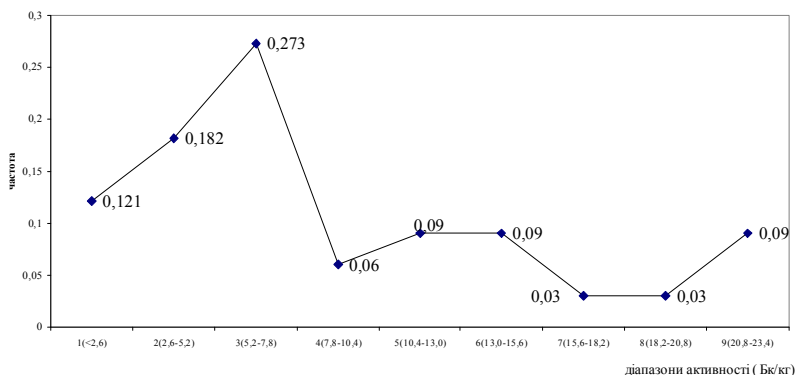


**Рис.3. Розподіл Cs-137 в ґрунтах області в ранні строки після аварії на ЧАЕС (1987 р.)**

Лише 1% від обстежених площ має значний в порівнянні з доаварійним рівень радіоактивного забруднення (більше 0,5 Кюрі/кв.км).

Вивчення динаміки розподілу радіонуклідів в ґрунтах територій

локального радіаційного забруднення показує, що на цих територіях продовжуються процеси вторинного перерозподілу радіонуклідів. З урахуванням радіоактивного розпаду середній по господарству вміст цезію майже не змінюється (50,44 Бк/кг в 1992 році, 50,86 Бк/кг в 1995 та 53,14 Бк/кг в 2000). Але суми частот проб з вмістом радіонукліду до 50 Бк/кг та більше 70 Бк/кг істотно змінюються (Табл. 1). Це означає, що в ґрунтах обстеженої території має місце не лише зменшення, але й перерозподіл радіонуклідів.



**Рис. 4. Розподіл Sr-90 в ґрунтах області в ранні строки після аварії на ЧАЕС (1987 р.)**

Таблиця 1

**Динаміка розподілу площ, забруднених Cs-137, на території ТОВ "Регламент" Первомайського району Миколаївської області**

Рік обстеження	Суми частот	
	до 50 Бк/кг	більше 70 Бк/кг
1992	0,57	0,32
1995	0,36	0,2
2000	0,36	0,43

плави річок), які в Миколаївській області активно використовуються в якості городів, пасовищ та сіножатей, цезій-137 може активно нагромаджуватись в овочевій продукції та кормах, а відтак — призводити до підвищення дози опромінення населення за рахунок споживання городньої продукції та продукції тваринництва, виробленої на локально забруднених територіях.

Тому є необхідність в проведенні на території зон локального радіоактивного забруднення Миколаївської області обов'язкового радіаційного контролю та еколого-агрохімічної паспортизації не лише ріллі, а й вигонів та пасовищ.

Для оцінки та прогнозу радіаційного стану сільськогосподарських угідь важливе значення мають визначення інтенсивності переходу радіонуклідів в ланцюжку "грунт — рослини".

Нами проведено розрахунки та оцінку достовірності коефіцієнтів переходу для городніх та кормових культур, що вирощуються в зоні локального радіоактивного забруднення Первомайського району (в якості матеріалів для розрахунків були взяті результати досліджень 2000-2003 років в зоні надзвичайної екологічної ситуації) (Табл. 2).

За здатністю накопичувати радіоактивний цезій досліджувані культури можна розташувати в такій послідовності:

#### **овочеві культури**

*дині < кавуни < цибуля-ріпка < огірки < картопля < буряк столовий < капуста < томати < перець салатний < морква < баклажани*

#### **кормові культури**

*кукурудза, зерно < кукурудза, зелена маса < люцерна, зелена маса*

Для оцінки достовірності отриманих коефіцієнтів розраховано показники гетерогенності забруднення (Н) за методикою, описаною в роботі [3]. Показник гетерогенності розраховується як коефіцієнт лінійної кореляції між питомою активністю цезію-137 в ґрунті ( $A_g$ ) та в біомасі рослин ( $A_p$ ), що на ньому вирости. Тобто  $H = R_{A_p A_g}$ . Високе значення цього показника свідчить про однорідний характер радіоактивного забруднення території і означає, що визначені експериментальним шляхом

коефіцієнти переходу радіонукліду можуть застосовуватися на всій території досліджень.

Таблиця 2

**Узагальнені середні коефіцієнти переходу радіоактивного цезію в основні сільськогосподарські культури півдня України**

Сільськогосподарська культура	Коефіцієнт переходу,
	Бк·кг <sup>-1</sup> /Бк·м <sup>-2</sup>
Картопля	2,19·10 <sup>-4</sup>
Томати	6,0·10 <sup>-4</sup>
Кукурудза, зерно	3,4·10 <sup>-4</sup>
Кукурудза, зелена маса	3,85·10 <sup>-4</sup>
Перець салатний	7,18·10 <sup>-4</sup>
Морква	8,17·10 <sup>-4</sup>
Капуста	3,01·10 <sup>-4</sup>
Буряк	2,74·10 <sup>-4</sup>
Люцерна	6,18·10 <sup>-4</sup>
Баклажани	22,6·10 <sup>-4</sup>
Огірки	2,02·10 <sup>-4</sup>
Цибуля-ріпка	1,2·10 <sup>-4</sup>
Дині	1,16·10 <sup>-4</sup>
Кавуни	1,5·10 <sup>-4</sup>

Результати розрахунків коефіцієнту кореляції між вмістом цезію-137 в ґрунті та бульбах картоплі в серії із 19 парних проб “ґрунт-рослина” свідчать про наявність високої позитивної кореляції (коефіцієнт кореляції 0,727, коефіцієнт детермінації 0,85) між зазначеними вище показниками. Це означає, що експериментальне визначення коефіцієнтів переходу було проведено достовірно та коректно. А отже, отримані коефіцієнти переходу можуть використовуватися для оцінки дозового навантаження на населення території досліджень.

**Висновки.**

1. Доаварійними рівнями вмісту цезію-137 та стронцію-90 в ґрунтах Миколаївської області, які можна використовувати в якості “нульового фону” для оцінки наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, є 6,87 Бк/кг та 3,2 Бк/кг відповідно.



2. В ранні строки після аварії на ЧАЕС вміст цезію-137 в ґрунтах підвищився майже в 10 разів, стронцію-90 — в 3 рази. Забруднення ґрунтів області після аварії має нерівномірний характер.
3. Сучасний стан радіоактивного забруднення ґрунтів області є наслідком вторинного перерозподілу чорнобильських випадінь.
4. Визначені коефіцієнти переходу цезію-137 в основні сільськогосподарські культури півдня України можуть використовуватись як базові для оцінки дозового навантаження на населення області.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Булыгин С.Ю., Можейко Г.А., Тимченко Д.О. Эрозия почв. Скорость эродирования черноземов Донецкой области// Почвоведение.-№8.-1992.-С.121-128.
2. Временные рекомендации по контрольным (допустимым) концентрациям радионуклидов в воде, используемой для полива сельхозугодий в районе АЭС.-М.,1988.- 17 с.
3. Кравець О.П. Радіоекологічні аспекти формування потоків радіонуклідів в системі "ґрунт – рослина". Автореф. дис... докт. біол. наук., – К., 2001.
4. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України /За ред. акад. О.О.Созінова, Б.С.Прістера. – К.,1994.-162 с.
5. Методические указания по гамма-спектрометрическому анализу почв / Под. ред. Державина Л.М. -М., 1979.
6. Методические указания по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях. – М.: ЦИНАО, 1985.- 64 с.
7. Методические указания по проведению радиологических исследований на контрольных участках. – М.: ЦИНАО, 1983.- 25 с.
8. Пальчук Л.М, Верба В.Є, Согрин Г.С. Содержание стронция – 90 и цезия-137 в почвах Кировоградской области и накопление их основными сельскохозяйственными культурами// Агрехимия.- № 10.-1986.-С.58-62.
9. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиэкология после Чернобыля: Пер. с англ. / Под ред. Ф.Уорнера и Р. Харрисона. – М.: Мир, 1999.-510 с.