

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

06.05- МКР. 2158 “С” 2023.11.23. 23 ПЗ

**МАРТИНЕНКО ПАВЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

УДК 504.5:628.4.047(477.41)

**ПОГОДЖЕНО**  
**Декан факультету**  
захисту рослин, біотехнологій та екології

\_\_\_\_\_ Коломієць Ю.В.  
(підпис) (ПІБ)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
**Завідувачка кафедри**  
загальної екології, радіобіології та безпеки  
життєдіяльності

\_\_\_\_\_ Клепко А.В.  
(підпис) (ПІБ)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

На тему \_\_\_\_\_ «Визначення реальних коефіцієнтів переходу та накопичення для соняшнику та кукурудзи які вирощуються на дерново-підзолистих ґрунтах забруднених радіонуклідами.»

Спеціальність 101 екологія \_\_\_\_\_  
(код і назва)

Освітня програма Екологічний контроль та аудит \_\_\_\_\_  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент \_\_\_\_\_ Ладика М.М.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

**Керівник освітньої кваліфікаційної роботи**

кандидат біологічних наук, доцент \_\_\_\_\_ Іллєнко В.В.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_ **ПШ** \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

**КИЇВ – 2024**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) Захисту рослин, біотехнологій та екології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**  
**загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності**

доктор біологічних наук, с.н.с. Клепко А.В.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
“ ” 20 року

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**  
Мартиненко Павло Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)  
Спеціальність 101 екологія

(код і назва)  
Освітня програма Екологічний контроль та аудит

(назва)  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Тема магістерської кваліфікаційної роботи:** "Визначення реальних коефіцієнтів переходу та накопичення для сояшнику та кукурудзи які вирощуються на дерново-підзолистих ґрунтах забруднених радіонуклідами".

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ” 20 р.  
№

Термін подання 2024.11.15 завершені роботи на кафедрі  
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи опрацювання літератури, закладання пробного майданчика, проведення польових робіт, проведення камеральних робіт, вимірювання активності <sup>137</sup>Cs в зразках ґрунту, обробка та обговорення отриманих результатів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання “ 23 ” листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Іллєнко В.В.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання ППП  
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

Випускна магістерська робота на тему: «Визначення реальних коефіцієнтів переходу та накопичення для гречки та картоплі, вирощених на дерново-підзолистих ґрунтах, забруднених радіонуклідами», має обсяг 58 сторінку, містить 11 таблиць і 15 рисунків. Список використаних джерел включає 32 літературних посилань, з яких 17 — інтернет-ресурси.

**Актуальність роботи:** Після аварії на Чорнобильській АЕС у навколишнє середовище потрапила велика кількість радіонуклідів, зокрема  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ , що спричинило забруднення значних територій. Багато сільськогосподарських угідь українського Полісся стали непридатними для обробітку через потрапляння в зону відчуження або через перевищення допустимих рівнів радіонуклідів.

Ця робота має на меті визначити безпечність вирощування сільськогосподарських культур на забруднених територіях, а також рівень радіаційного забруднення продукції та взаємозв'язок між рівнем забруднення ґрунту та результатами наявності радіонуклідів у вирощених культурах.

**Мета роботи:** Дослідити продукцію, вирощену на забруднених територіях біля населеного пункту Народичі в Коростенському районі Житомирської області, де значні площі сільськогосподарських угідь постраждали від радіаційного забруднення після Чорнобильської аварії.

**Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання:**

1. Оцінити рівень гамма-фону на досліджуваних територіях.
2. Зібрати зразки ґрунту на цих територіях і визначити питому активність  $^{137}\text{Cs}$ , а також щільність забруднення ґрунту.
3. Визначити середні значення коефіцієнтів накопичення та переходу для соняшнику та кукурудзи.

4. Проаналізувати отримані дані і зробити висновки щодо коефіцієнтів накопичення та переходу  $^{137}\text{Cs}$  у досліджуваній сільськогосподарській продукції.

**Предмет дослідження:** Питома активність і щільність забруднення ґрунтів  $^{137}\text{Cs}$ , а також коефіцієнти накопичення та переходу цього радіонукліда.

**Об'єкт дослідження:** Сільськогосподарські угіддя, забруднені радіонуклідами після аварії на Чорнобильській АЕС.

**Ключові слова:** коефіцієнт накопичення, коефіцієнт переходу,  $^{137}\text{Cs}$ , радіонуклід.

## Зміст

### ВСТУП

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури.....	8
1.1 Детальний опис дерново-підзолистих ґрунтів Полісся.....	10
1.2. Висновки та перспективи подальших досліджень.....	12
1.3. Горизонтальна міграція радіоактивних речовин у навколишньому середовищі.....	13
1.4. Теоретична база накопичення $^{137}\text{Cs}$ різними сільськогосподарськими культурами.....	15
1.5. Кукурудза та соняшник – особливості технології вирощування та рентабельність.....	19
1.5.1. Кукурудза. Переваги вирощування.....	19
1.5.2. Важливі елементи технології для досягнення високої продуктивності.....	20
1.5.3. Соняшник. Переваги вирощування.....	21
1.5.4. Важливі технологічні чинники впливу на урожайність соняшнику....	22
1.5.5. Рентабельність виробництва та переробки кукурудзи.....	22
РОЗДІЛ 2. Предмет, об'єкт, методи і методика дослідження.....	24
2.1 Об'єкт, умови та місце проведення досліджень.....	
2.2. Обладнання та методи дослідження.....	24
2.2.1. Дозиметр-радіометр СТОРА-ТУ РКС-01.....	25
2.2.2. Спектрометр енергії гамма-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С»-63....	27
2.2.3. Методи дослідження в радіометрії.....	30
2.3. Методика проведення радіоекологічної оцінки території.....	34
2.4. Відбір проб ґрунту, підготовка та проведення вимірювання активності $^{137}\text{Cs}$ .....	34
РОЗДІЛ 3. Результати експериментальних досліджень.....	40
3.1. Місця відбору зразків для досліджень.....	40
3.2. Результати вимірювання потужності $\gamma$ -фону на досліджуваних полях....	42
3.3. Поверхнева активність ґрунту $^{137}\text{Cs}$ , питома активність $^{137}\text{Cs}$ у зерні	

соняшнику та кукурудзи.....	46
3.4. Розрахунок коефіцієнтів накопичення та переходу та прогнозування рівня забруднення продукції.....	53
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

## ВСТУП

**Тема магістерської роботи** була обрана через необхідність проведення досліджень на територіях, забруднених внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. З моменту катастрофи минуло вже 38 років, і дані про рівні забруднення, отримані ще в 90-х роках, потребують актуалізації. Крім того, деякі території вже стали придатними для господарського використання, тоді як інші все ще вимагають обмеження доступу.

**Актуальність роботи:** Після Чорнобильської катастрофи в навколишнє середовище потрапила велика кількість радіонуклідів, серед яких основними є  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$ . Це призвело до забруднення значних територій, а багато сільськогосподарських угідь українського Полісся стали непридатними для обробітку. Частина територій потрапила до зони відчуження, а на інших рівень радіонуклідів перевищував допустимі норми.

**Мета роботи** — дослідити сільськогосподарську продукцію, вирощену на території поблизу населеного пункту Народичі, Коростенського району Житомирської області, де значні площі угідь забруднені радіонуклідами після аварії на ЧАЕС.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні **завдання:**

1. Оцінити рівень гамма-фону на досліджуваних територіях.
2. Відібрати зразки ґрунту та визначити питому активність  $^{137}\text{Cs}$  і щільність забруднення ґрунту.
3. Визначити середні значення коефіцієнтів накопичення та переходу для зерна гречки і картоплі.

4. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки щодо коефіцієнтів накопичення та переходу  $^{137}\text{Cs}$  у сільськогосподарській продукції.

Ця робота також має на меті спростити процедуру радіоекологічної оцінки, що полегшить класифікацію забруднених територій за рівнями радіаційного забруднення, дозволяючи виділяти різні зони. Це, в свою чергу, допоможе запобігти подальшому використанню таких земель для сільського господарства, що знизить ризик отримання забрудненої продукції, яка перевищує допустимі рівні радіонуклідів. Такий підхід сприятиме зниженню дози внутрішнього опромінення та поліпшенню здоров'я населення.

## РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

### 1.1 Детальний опис дерново-підзолистих ґрунтів Полісся

Загальновідомо, що дерново-підзолисті ґрунти з легким гранулометричним складом є типовими для Полісся. Вони мають низьку здатність до накопичення гумусу, слабку насиченість основами та кислу реакцію ґрунтового розчину, однак характеризуються великою варіативністю в залежності від гідроморфності та потенційної родючості.

Розподіл орних земель із дерново-підзолистими ґрунтами по основних типах у межах областей Полісся України представлено в таблиці 1. За даними національної доповіді «Про стан родючості ґрунтів України», процеси дегуміфікації ґрунтів продовжуються й наразі, незважаючи на те, що вони тривають з високою інтенсивністю вже протягом останніх 20 років.

Згідно з результатами агрохімічної паспортизації сільськогосподарських земель, за останні 4 тури (1986–2005 роки) вміст гумусу в Україні знизився на 0,5%. Однією з основних причин деградації ґрунтів є значне скорочення використання органічних добрив, що призвело до залежності врожайності сільськогосподарських культур від потенційної родючості ґрунту. [1]

Баланс гумусу в ґрунтах Волинської, Рівненської, Житомирської, Чернігівської та Сумської областей (окрім Київської) за цей період оцінюється як критично негативний, з показниками дефіциту гумусу від 200 до 600 кг/га і більше.

Таблиця 1.1. Розподіл орних площ

Таблиця 1. Розподіл орних площ основних видів дерново-підзолистих ґрунтів у розрізі регіонів Полісся України, тис. га \*

Назва ґрунту	Назва області						Всього
	Волинська	Рівненська	Житомирська	Київська	Чернігівська	Сумська	
дерново-прихованопідзолисті піщані і зв'язно-піщані	8,9	5,02	4,2	20,71	4,0	0,06	42,89
Дерново-слабо- і середньопідзолисті піщані і зв'язнопіщані	55,3	31,57	77,2	77,46	65,9	16,39	323,82
дерново-слабопідзолисті супіщані і суглинкові	24,0	5,12	36,0	4,55	11,84	5,99	87,5
дерново-середньопідзолисті супіщані і суглинкові	25,7	8,52	87,4	84,25	192,95	70,51	469,33
дерново-прихованопідзолисті і слабопідзолисті глеюваті піщані й зв'язнопіщані	72,0	47,57	77,3	1,68	39,92	8,61	247,08
дерново-слабопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові	29,8	3,1	60,6	12,22	13,34	5,3	124,36
дерново-середньо- і сильнопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові	15,1	7,53	86,5	0,82	52,66	22,63	185,24
дерново-слабопідзолисті глейові піщані й зв'язнопіщані	24,1	22,92	40,3	24,22	22,83	0,09	134,46
дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані й суглинкові	18,5	24,48	112,3	26,38	44,02	0,33	226,01
дерново-підзолисті і сильноголейові	1,3	2,24	5,9	0,57	2,52	2,21	14,74
Всього	132,12	449,98	587,7	274,7	252,9	158,1	1855,4

Вміст органічного вуглецю (Сорг) у різних типах дерново-підзолистих ґрунтів на глибині 0–20 см коливається від 1,2 до 4,5 кг/м<sup>2</sup> (для Н гум від 1,3 до 6,0 кг/м<sup>2</sup>). Мінімальний вміст Сорг спостерігається в дерново-прихованопідзолистих піщаних і зв'язно-піщаних ґрунтах (борові піски), а також у дерново-слабо- і середньопідзолистих піщаних і зв'язно-піщаних ґрунтових варіантах. Загалом ці ґрунти є найбільш бідними на органічний вуглець. [3]

Вміст Сорг у супіщаних та суглинкових автоморфних ґрунтах дещо нижчий за середній рівень забезпеченості вуглецем для цього типу ґрунтів —

3,4 та 4,2 кг/м<sup>2</sup> відповідно для шару 0–20 см.

Найбільше органічної речовини містять дерново-підзолисті ґрунти супіщаного та суглинкового складу з ознаками гідроморфності, серед яких особливо виділяються глейові ґрунтові варіанти, що характеризуються високою інтенсивністю накопичення Сорґ.

Однак слід зазначити, що глейові ґрунти мають високу концентрацію токсичних окислів заліза та алюмінію, що обумовлює їх низьку потенційну родючість і робить їх використання малоефективним та складним. Це, в свою чергу, веде до низького антропогенного навантаження на ці ґрунти та незначних втрат органічної речовини у вигляді СО<sub>2</sub>. [2]

Регіональний баланс органічного вуглецю залежить від співвідношення запасів Сорґ у різних типах дерново-підзолистих ґрунтів. В областях Полісся України це співвідношення може змінюватися в 4,2 рази. Запаси органічного вуглецю в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся значно варіюють залежно від виду, гранулометричного складу та ступеня гідроморфності.

Середні запаси Сорґ у шарі 0–20 см і Н гум становлять 34,1 (41,9) т/га та 3,4 (4,2) кг/м<sup>2</sup> відповідно. Найбільші запаси органічної речовини спостерігаються в дерново-підзолистих ґрунтах Житомирської та Чернігівської областей, де вони складають 19,98 (для Н гум – 24,24) Мгт і 14,45 (для Н гум – 17,57) Мгт, що становить 38,9 (34,3) % і 28,2 (24,85) % відповідно. Разом ці два регіони накопичують більше половини всіх запасів органічного вуглецю в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України — 51,31 та 70,7 Мгт.

## **1.2 Висновки та перспективи подальших досліджень**

Отже, роль кожної області з дерново-підзолистими ґрунтами та запасами органічного вуглецю (Сорґ) є унікальною та специфічною. Згідно з наведеними даними, цей тип ґрунтів Полісся України потребує подальших досліджень, особливо в контексті визначення обсягів техногенних викидів

діоксида вуглецю в атмосферу, з метою запобігання посиленню емісії CO<sub>2</sub>. Також важливо вивчити доцільність їх використання в різних сільськогосподарських угіддях.

З огляду на це, актуальною є проблема розробки ефективних, доступних та достовірних методологій для діагностики і моніторингу запасів органічної речовини в ґрунтах Полісся. Однією з таких методологій є використання різноманітних варіантів дистанційного зондування земної поверхні (ДЗЗ). Легалізація та офіційне впровадження методів ДЗЗ має враховувати потреби держави та аграрного сектора щодо уніфікації підходів, методів і технік для діагностики та оцінки стану ґрунтів, а також розробку відповідних нормативних документів та інструкцій. [4]

Належне наукове обґрунтування цих робіт дозволить більш об'єктивно дослідити вуглецевий режим дерново-підзолистих ґрунтів Полісся та визначити оптимальні шляхи їх ефективного використання.

### **1.3 Горизонтальна міграція радіоактивних речовин у навколишньому середовищі**

Викид радіоактивних речовин в результаті Чорнобильської катастрофи відбувався протягом достатньо довгого часу з різних частин активної зони, з різним ступенем вигорання палива і, отже, із різним радіонуклідним складом викиду, що призвело до неоднорідного забруднення радіоактивного значної території як за рівнем, так і за складом радіонуклідів.

Загальна активність речовин, що потрапили за межі реактора у довкілля, становить близько 13 ЕксаБеккерелів (понад 300 МКі), до складу яких в значній кількості входили й аналоги біогенних елементів, таких як калій і кальцій — <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr.

Аварія призвела до забруднення більш як 145 тис. км<sup>2</sup> території України, Республіки Білорусь та Російської Федерації, щільність забруднення якої <sup>137</sup>Cs перевищувала 37 кБк/м<sup>2</sup>. Близько 5 мільйонів людей постраждало

від Чорнобильської катастрофи. Активність радіонуклідів, викинутих у довкілля внаслідок Чорнобильської катастрофи на момент аварії становила за оцінками 13935.89593 ПБк, а 21 рік по тому – 68,426067 ПБк.

Внаслідок аварії на ЧАЕС у навколишнє середовище — повітря, ґрунт, водні артерії — потрапила значна кількість радіонуклідів із різним періодом напіврозпаду. [5]

Деякі із них, як, наприклад, йод-131, мають короткий період напіврозпаду, інші — кілька десятиліть (цезій-137 — 30 років, стронцій-90 — 29), але повний розпад цезію та стронцію триватиме століттями. І впродовж усього цього часу вони становитимуть небезпеку для довкілля та населення через зростання частки продуктів їх розпаду та накопичення радіонуклідів з тривалим періодом напіврозпаду, таких, як прометій-147, плутоній-239 та 240, америцій-241.

Також слід нагадати, що територія забруднення не обмежується зоною відчуження і зоною безумовного (обов'язкового) відселення — загалом лише викид радіоактивних речовин під час Чорнобильської катастрофи відбувався протягом тривалого часу з різних частин активної зони реактора, з різним ступенем вигорання палива, що призвело до неоднорідного забруднення великих територій як за рівнем, так і за складом радіонуклідів.

Загальна активність викинутих у довкілля радіоактивних речовин становить близько 13 ЕксаБеккерелів (понад 300 МКі), серед яких значну частину становили ізотопи біогенних елементів, таких як цезій-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) та стронцій-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ). [6]

Аварія спричинила забруднення понад 145 тис. км<sup>2</sup> території України, Білорусі та Росії, де щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  перевищувала 37 кБк/м<sup>2</sup>. Близько 5 мільйонів людей постраждали від наслідків катастрофи. За оцінками, активність радіонуклідів, що потрапили в навколишнє середовище під час аварії, становила 13 935,9 ПБк, а через 21 рік — 68,4 ПБк.

Чорнобильська катастрофа призвела до значного забруднення повітря, ґрунтів та водних ресурсів, оскільки у навколишнє середовище потрапило

багато радіонуклідів з різними періодами напіврозпаду. Деякі з них, як йод-131, мали короткий період напіврозпаду, інші, такі як цезій-137 (піврозпад — 30 років) і стронцій-90 (піврозпад — 29 років), будуть залишатися небезпечними для навколишнього середовища і людей протягом століть. Ізотопи з довгим періодом напіврозпаду, такі як прометій-147, плутоній-239 і 240, а також америцій-241, будуть продовжувати накопичуватися, створюючи довготривалу загрозу. [7]

Забруднення територій не обмежується лише зоною відчуження та зоною безумовного відселення. В Україні наслідки аварії відчули понад 53,5 тис. км<sup>2</sup>, зокрема 4 млн га лісів та 1,13 млн га орних земель. Частина ґрунтів, забруднених внаслідок аварії, пройшла дезактиваційні роботи, зокрема з видаленням верхнього шару ґрунту та його захороненням на глибину 30–35 см, що зменшило доступність радіонуклідів для рослин у 1,4–1,7 рази. [8]

Радіонуклідному впливу також піддалися водні ресурси, зокрема річка Дніпро, у яку впадає Прип'ять — річка, що протікає поруч із містом-супутником ЧАЕС. Станом на 35 років після аварії, радіаційна ситуація в регіоні змінилася, але досі залишаються серйозні ризики, що вимагають постійного контролю і продовження моніторингу.

Результати радіаційного моніторингу водних ресурсів зони відчуження доступні в Довідці про стан радіаційної безпеки та охорони праці в зоні відчуження та безумовного відселення, підготовленій фахівцями відповідних органів, а також в Інформаційно-аналітичних оглядах стану довкілля.

#### **1.4 Теоретична база накопичення <sup>137</sup>Cs різними сільськогосподарськими культурами**

Основним фактором, який визначає накопичення радіонуклідів з ґрунту в рослини, є конкуренція при засвоєнні іонів під час процесу живлення.

Наприклад, трави, такі як природні та сіяні злакові, віка, люцерна та конюшина, містять значну кількість хімічного аналога калію ( $^{137}\text{Cs}$ ) — від 1,0 до 1,8%, тоді як в інших культурах цей показник не перевищує 0,6%.

Крім того, важливим фактором для міграції радіонуклідів є відтік іонів під час транспірації води. Природні та сіяні трави є вологолюбивими рослинами і мають високий транспіраційний коефіцієнт, що значною мірою сприяє підвищеній міграції радіонуклідів з ґрунту в надземну частину рослин.

Велику роль у поглинанні радіонуклідів та інших хімічних елементів відіграє розташування основної маси біологічно активних коренів.

Овочеві культури та картопля мають густу кореневу систему, розташовану переважно в забрудненому орному шарі ґрунту, та високі вимоги до вологості ґрунту.

Зернові культури характеризуються більш глибоким розміщенням коренів (до 60-120 см) і меншою залежністю від вологості ґрунту. Тип кореневої системи (стрижнева або мичкувата) також визначає, як корені розподіляються відносно забрудненого шару ґрунту.

На перелогах рослини з мичкуватою кореневою системою мають вищі коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$ , ніж ті, що мають стрижневу систему, оскільки на нерозораних землях дернина є основним депо поживних речовин і радіонуклідів.

На орних землях значення коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  для сільськогосподарських культур буде нижчим, ніж для рослин на перелогах, оскільки радіонуклід у верхньому шарі ґрунту (0-20 см) рівномірно перемішаний, і його концентрація в цьому шарі менша, ніж на перелозі.

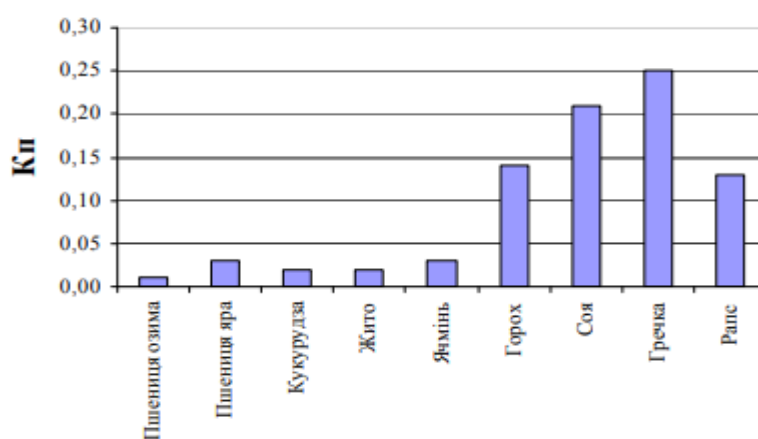
Природні трави, порівняно з сіяними кормовими культурами, зазвичай накопичують більше радіоактивних елементів. Це обумовлено особливостями розвитку кореневої системи лучних рослин, що розміщуються в дернині. Видові відмінності в накопиченні  $^{137}\text{Cs}$  можуть досягати 30 разів.

Найбільше радіонуклідів накопичується у вегетативних органах

рослин, а менше — в репродуктивних. Тому  $^{137}\text{Cs}$  зосереджується в соломі більше, ніж у зерні культур. Калієфільні рослини накопичують більше  $^{137}\text{Cs}$ , а овочі, у порівнянні із зерновими культурами, інтенсивніше поглинають  $^{137}\text{Cs}$ , оскільки в їх плодах міститься більше калію. [9]

Я також визначив розрахункові коефіцієнти переходу для різних рослин у конкретних господарствах, зокрема для кукурудзи (див. таблиця 2). Хоча це не дуже видно на таблиці, коефіцієнт переходу для соняшнику становить 0,04.

Рисунок 1.1. Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у зернових культурах



Згідно з даними графіка, найменше  $^{137}\text{Cs}$  накопичується в злакових зернових культурах, зокрема в озимих, тоді як найбільше — в бобових,

зокрема в сої, а також у гречці. Інтенсивність накопичення  $^{137}\text{Cs}$  зерновими культурами зростає в такій послідовності: "озима пшениця, кукурудза на зерно, озиме жито, яра пшениця, ячмінь, рапс, горох, соя, гречка". Наприклад, в зерні та соломі озимої та ярої пшениці, ярого ячменю накопичується в 10-30 разів менше  $^{137}\text{Cs}$ , ніж у горосі, сої та гречці.

За даними коефіцієнтами можна прогнозувати вміст радіонуклідів у продукції за формулою:  $A = P_{\text{гх}} \cdot K_{\text{п}}$ , де  $A$  - вміст радіонукліду в 1 кг продукції, Бк/кг;  $P_{\text{гх}}$  - щільність забруднення ґрунту, кБк/м<sup>2</sup>;  $K_{\text{п}}$  - коефіцієнт переходу радіонукліду з ґрунту у продукцію).

На основі визначення закономірностей надходження радіонуклідів в рослини, та за допомогою вище вказаних розрахункових формул ми розрахували граничні рівні радіонуклідного забруднення ґрунтів для даних господарств, на яких можливе вирощування рослин з наступним отриманням зернової продукції з вмістом радіонуклідів відповідно до вимог існуючих нормативів. [10]

У таблиці 3 наведені прогнозовані рівні вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у зерновій продукції, що буде вирощуватися на угіддях з різною щільністю забруднення

Таблиця 1.2. Рівні вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у культурах

**Прогнозовані рівні вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у зерні сільськогосподарських культур  
Бк/кг**

Культура	$K_{\text{п}}$	Щільність забруднення ґрунтів, кБк/м <sup>2</sup>		
		умовно чисті (до 37)	до 185	до 380
Пшениця озима	0,01	0,37	1,85	3,8
Пшениця яра	0,03	1,11	5,55	11,4
Кукурудза	0,02	0,74	3,70	7,6
Жито	0,02	0,74	3,70	7,6
Ячмінь	0,03	1,11	5,55	11,4
Рапс	0,13	4,81	24,05	49,4
Горох	0,14	5,18	25,90	53,2
Соя	0,21	7,71	38,85	79,8
Гречка	0,25	9,25	46,25	95,0

Згідно з чинними державними гігієнічними нормами, вміст  $^{137}\text{Cs}$  у продовольчому зерні (пшениця, жито, ячмінь, кукурудза, гречка) не повинен

перевищувати 50 Бк/кг, а для зерна бобових культур (горох, соя) — також не більше 50 Бк/кг. З даних таблиці 3 видно, що зерно гороху, сої та гречки, вирощене на сільськогосподарських угіддях із щільністю забруднення 185 кБк/м<sup>2</sup> і більше, буде мати високий вміст радіонуклідів, що перевищить допустимі норми за державними гігієнічними вимогами.

## **1.5 Кукурудза та соняшник: особливості технології вирощування та рентабельність**

### **1.5.1 Кукурудза. Переваги вирощування**

Останнім часом спостерігається зменшення площ під кукурудзою, тоді як площі для соняшнику збільшуються. Проте, обидві культури залишаються перспективними на ринку. Для ефективного розвитку аграрного сектору важливо досягти максимальної продуктивності з мінімальними витратами на одиницю площі. Це можна забезпечити завдяки застосуванню інтенсивних технологій вирощування та раціональному використанню елементів технології. [11]

Кукурудза є хорошим попередником для ярих зернових колосових і зернобобових культур. Після її збору на полях залишається велика кількість органічних решток, що збагачують ґрунт. За даними досліджень, приорювання 1 т листо-стеблової маси кукурудзи повертає в ґрунт близько 16-17 кг азоту, 6 кг фосфору, 34 кг калію та 4 кг магнію.

Сучасні гібриди кукурудзи мають високий потенціал урожайності — до 11-12 т/га за умови інтенсивного вирощування. Кукурудза стійка до вирощування в монокультурі. Застосування науково обґрунтованої сівозміни дозволяє підтримувати високі врожаї, проте можна досягти добрих результатів і при вирощуванні по кукурудзі, якщо дотримуватися

агротехніки. [11]

Кукурудза також відзначається високою посухостійкістю, що робить її перспективною культурою за умов нестабільного зволоження. Сучасні гібриди можуть забезпечити високі врожаї навіть у посушливих умовах, витримуючи підвищені температури до +30 °С та зберігаючи здатність до росту при зниженні температури після спеки.

Кукурудза має низьку вразливість до хвороб і шкідників, порівняно з іншими зерновими культурами, що знижує витрати на пестициди. При стабільному ринку збуту кукурудза залишається високорентабельною культурою.

### **1.5.2 Важливі елементи технології для досягнення високої продуктивності**

#### **1. Група стиглості гібриду**

При виборі гібриду кукурудзи важливим є число ФАО, яке вказує на скоростиглість культури та її потреби в теплі для розвитку. Гібриди з вищим ФАО мають вищий потенціал урожайності, але для різних кліматичних умов слід обирати відповідні варіанти: для Західного Лісостепу та Полісся оптимальні ранньостиглі та середньоранні гібриди (ФАО 150-250).

#### **2. Сівба з урахуванням біологічних вимог**

Кукурудза — теплолюбна культура, тому сівбу потрібно проводити, коли температура ґрунту на глибині 10 см не нижча за 10 °С. Для холодостійких гібридів сівба можлива при температурі 5-6 °С. [12]

#### **3. Система удобрення**

Азот, фосфор та калій є основними елементами живлення для кукурудзи. Рекомендується вносити добрива за нормою N150-180P90-110K120-140 для отримання врожаю 10 т/га. Внесення мікроелементів, таких як цинк і бор, також є важливим для забезпечення високої врожайності.

#### 4. Гербіцидний захист

Кукурудза потребує якісного захисту від бур'янів, особливо на ранніх етапах росту. Для боротьби з бур'янами використовують гербіциди суцільної дії, які вносять після збору попередника або за кілька тижнів до сівби.

#### 5. Терміни збирання

Збирання кукурудзи оптимально проводити через 20-30 днів після утворення "чорної точки" на качані. Своєчасний збір допомагає досягти високої врожайності та знизити вологість зерна.

### 1.5.3 Соняшник. Переваги вирощування

Соняшник вирощують головним чином як олійну культуру. Урожайність до 25 ц/га забезпечує понад 1 т олії з гектару. Це також медоносна культура, що приваблює бджіл. Соняшник володіє високою посухостійкістю, що дозволяє йому добре розвиватися при низькому рівні вологи в ґрунті.

Однією з головних переваг вирощування соняшнику є його прибутковість. В Україні добре розвинена переробна галузь, що дозволяє експортувати олію на зовнішні ринки, навіть у складні часи. Дослідження показують, що соняшник не виснажує ґрунт, оскільки значна частина елементів живлення з листо-стеблової маси повертається у ґрунт.

#### **1.5.4 Важливі технологічні чинники впливу на урожайність соняшнику**

##### **1. Місце у сівозміні**

Найкраще повертати соняшник на попереднє місце не раніше ніж через 6-8 років. Це сприяє підтриманню високої врожайності, оскільки соняшник потребує досить розвиненої кореневої системи для поглинання води з нижніх шарів ґрунту.

##### **2. Удобрення**

Для досягнення високих врожаїв важливо правильно планувати норми внесення добрив, зокрема азоту, фосфору та калію. Надмірне азотне удобрення може знижувати олійність насіння.

##### **3. Система захисту рослин**

Гербіциди та фунгіциди є важливими для боротьби з бур'янами та хворобами соняшнику. Особливу увагу слід приділити застосуванню мікродобрив, зокрема бору, для запобігання дефіциту та зниження виходу насіння.

##### **4. Збирання**

Для збереження врожаю соняшник необхідно збирати в стислі строки, не пізніше ніж через 5 днів після побуріння кошиків у 80-85% рослин. Це дозволяє уникнути осипання насіння.

#### **1.5.5 Рентабельність виробництва та переробки кукурудзи**

У 2023 році виробництво зернових культур було збитковим. У січні 2024 року рентабельність кукурудзи знизилася до -33 USD/т через падіння цін на неї. Зниження цін на кукурудзу на внутрішньому ринку було спричинене різким падінням її вартості на світовому ринку та наявністю

великих запасів цієї культури.

Собівартість виробництва кукурудзи на 1 га складає 873 USD, і найбільшими витратами є добрива (20%), насіння (14%) та оренда (13,6%). Проте, завдяки можливості переробки кукурудзи, аграрії можуть додавати вартість на етапах переробки, що робить культуру більш перспективною.

Останнім часом кукурудза займає близько 20% сільськогосподарських площ, а її частка в загальному виробництві зернових сягає 50%. Це свідчить про зручність її вирощування в умовах сприятливого клімату та покращених агротехнічних підходів. [13]

## РОЗДІЛ 2 ПРЕДМЕТ, ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Об'єкт, умови та місце проведення досліджень

Народицька селищна територіальна громада — територіальна громада України в Коростенському районі Житомирської області. Адміністративний центр — селище Народичі.

Площа території — 1275 км<sup>2</sup>, кількість населення — 9 382 особи (2020).

Селище Народичі знаходиться на відстані 25 км від залізничної станції Овруч. Відстань до Житомира — 140 км, а до Києва — 170 км. Через громаду проходять важливі автошляхи: Коростень — Довляди (на Республіку Білорусь) та Київ — Мінськ. Загальна довжина автомобільних доріг громади становить 312 км. [14]

До складу громади входять 1 селище (Народичі) і 64 села: Бабиничі, Базар, Батьківщина, Болотниця, Бродник, Буда-Голубієвичі, Булів, Васьківці, Великі Міньки, Вила, Вільхова, В'язівка, Ганнівка, Голубієвичі, Грезля, Гута-Ксаверівська, Гуто-Мар'ятин, Давидки, Жерев, Журавлінка, Заводне, Закусили, Залісся, Калинівка, Карпилівка, Клочки, Колосівка, Ласки, Латаші, Липлянщина, Листвинівка, Лозниця, Любарка, Межиліска, Мотійки, Недашківка, Нова Радча, Новий Дорогинь, Ноздрище, Норинці, Одруби, Оржів, Осика, Радча, Ровба, Розсохівське, Рубежівка, Рудня-Базарська, Рудня-Кам'янка, Савченки, Селець, Сингаї, Славенщина, Славковиці, Слобода-В'язівка, Снитище, Стара Радча, Старий Дорогинь, Старий Кужіль, Сухарівка, Тичків, Христинівка, Червоне, Яжберень.

Народицька територіальна громада зазнала найбільших наслідків від аварії на Чорнобильській АЕС. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 23 липня 1991 року, 36 населених пунктів району, в тому числі й сам райцентр, були віднесені до зони обов'язкового відселення, ще 36 — до

зони гарантованого добровільного відселення, а 8 — до зони посиленого радіоекологічного контролю.

Внаслідок низки обставин було відселене лише частину населення, а деякі населені пункти були частково евакуйовані. Однак поступово проводяться роботи з очищення сільськогосподарських угідь від радіонуклідів, що дозволить розширити сільськогосподарське виробництво на території громади. [15]

Рисунок 2.1



## 2.2. Обладнання та методи дослідження

### 2.2.1. Дозиметр-радіометр СТОРА-ТУ РКС-01

Дозиметр — це пристрій для вимірювання доз або потужності радіаційної дози, тоді як радіометр вимірює щільність потоку частинок. Дозиметр-радіометр РКС-01 "СТОРА-ТУ", зображений на рисунку, є компактним пошуковим приладом, оснащеним телескопічною штангою для

оперативного виявлення та локалізації джерел гама- і бета-випромінювань.

Цей прилад здатний проводити обидва види вимірювань. Дозиметр оснащений детектором іонізаційного типу, який реєструє іонізуюче випромінювання, і використовує відносний метод для визначення результатів вимірів. [16]

Таблиця 2.1. Основні технічні характеристики дозиметра-радіометра РКС-01

Показник	Діапазон
Діапазони вимірювань та відносні основні похибки потужності амбієнтного еквівалента дози гамма та рентгенівського випромінювань ( $^{137}\text{Cs}$ ) мкЗв/год	0,1...999,9 $\pm$ (15+1/N*(10)) %, де N*(10) – числове значення вимірної МАЕД, еквівалентне мкЗв/год;
Щільності потоку частинок бета-випромінювання ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ) 1/(см <sup>2</sup> ·хв)	5...100 000%, $\pm$ (20+200/φβ), де φβ – числове значення вимірної поверхневої щільності потоку частинок бета-випромінювання, еквівалентне част./(см <sup>2</sup> × хв)
Енергетичні діапазони вимірювань та енергетична залежність	
Гамма і рентгенівського випромінювань – МеВ	0,05 ... 3,0; $\pm$ 25%;
Бета-випромінювання – МеВ	0,5 ... 3,0;
Дискретність програмування порогових рівнів	
Потужності дози–мкЗв/год	0,01;
щільності потоку –10 <sup>3</sup> /(см <sup>2</sup> ·хв)	0,01;
Діапазон робочих температур	°С -20...+50;

Маса (кг)	0,44;
Габарити (мм)	160×75×35;

Прилад оснащений чотирма вбудованими лічильниками Гейгера-Мюллера, що дозволяє за 5 секунд оперативно оцінити рівень гамма-фону. Великий дисплей з люмінесцентним підсвічуванням забезпечує одночасне відображення одиниць вимірювань, похибок, порогового рівня та поточного часу.

Наявність аналогового індикатора інтенсивності випромінювання спрощує процес локалізації джерел випромінювань. Прилад має вбудовану пам'ять для збереження даних про 1200 вимірів і 999 об'єктів обстеження. Час безперервної роботи на нових елементах живлення складає 2500 годин. [17]

Рисунок 2.2 СТОРА-ТУ РКС-01



### 2.2.2. Спектрометр енергії гамма-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С»-63

На рисунку 2.6 зображено спектрометр гамма-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С»-63, який призначений для аналізу якісного та кількісного складу гамма-випромінюючих радіонуклідів у зразках харчових продуктів, сільськогосподарської продукції, будівельних матеріалах та інших матеріалах (табл. 2.2 і 2.3).

Рисунок 2.3 СЕГ-001 «АКП-С»-63



Цей прилад використовується як для проведення експертних вимірів, так і для швидкого контролю, щоб перевірити, чи не перевищує рівень радіонуклідів встановлені допустимі норми.

Він також застосовується в службах радіаційного контролю різних міністерств і відомств, таких як Департамент ветеринарної медицини, СЕС, а також у виробників та споживачів будівельних матеріалів, підприємствах торгівлі, на ринках та серед виробників продуктів харчування.

Для реєстрації іонізуючого випромінювання в спектрометрі використовується сцинтиляційний метод за допомогою кристала NaI і фотоелектричного помножувача.

Таблиця 2.2. Технічні характеристики

Діапазон реєстрованих енергій (MeV)	0,1-3
Енергетична роздільна здатність по лінії 0.661 MeV ( $^{137}\text{Cs}$ ), %	<9
Інтегральна нелінійність, %	<1

Макс. вхідне завантаження, с <sup>-1</sup>	≤10 <sup>4</sup>
Мінімально вимірювана активність при зовнішньому фоні 15 мкР/год при експозиції 1 год у посудині Марінеллі 1 л, Бк:	
по <sup>137</sup> Cs	1,2
по <sup>226</sup> Ra	6,0
по <sup>40</sup> K	20
по <sup>232</sup> Th	3,0
Число каналів аналізатора, не менше	1024
Час встановлення робочого режиму, хв.	30
Час неперервної роботи, год.	24
Живлення	220В, 50 Гц
Потужність, Вт	250

Таблиця 2.3. Час контролю нативної проби на неперевищення допустимих рівнів (ДР)

Об'єм проби (л)		1,0	0.14
Контрольован ий радіонуклід	Значення допустимого рівня (Бк/л, Бк/кг)	Час контролю, хв.	
<sup>137</sup> Cs	200	0,17	1,5
	150	0,25	2,33
	100	0,42	3,83
	70	0,58	6,17
	60	0,75	7,67
	40	1,33	13,16

### **2.2.3. Методи дослідження в радіометрії**

Для визначення радіоактивності використовуються три основні методи радіометрії: абсолютний, розрахунковий і відносний.

Абсолютний метод заснований на прямому підрахунку всіх часток ядер, що розпадаються, в геометрії, близькій до  $4\pi$ . Активність зразка виражається в одиницях радіоактивності, таких як Кі та Бк. Для цього методу застосовуються  $4\pi$ -лічильники, зокрема газопротічного типу (наприклад, СА-4БФЛ) або рідинні сцинтилятори (ЖС-1, ЖС-7). [18]

Розрахунковий метод ґрунтується на реєстрації імпульсів, що надходять від детектора до блоку реєстрації, з подальшою математичною обробкою отриманих цифрових даних.

Відносний метод полягає в порівнянні швидкості підрахунку імпульсів від зразка з відомою активністю (еталону) з швидкістю підрахунку імпульсів від зразка з невідомою активністю.

Хоча абсолютний метод є основним для вимірювання еталонних зразків, його застосування обмежене через високу вартість  $4\pi$ -лічильників і складність підготовки зразків.

Розрахунковий метод вимагає математичної обробки цифрових даних і може бути використаний для вимірювання радіоактивності.

Відносний метод потребує правильного вибору еталону, вартість якого може перевищувати вартість навіть найдорожчого спектрометра. На заводах еталонів проводиться паспортизація приладів, призначених для експертної оцінки вмісту радіонуклідів. [19]

### **2.3 Методика проведення радіоекологічної оцінки території**

1. Пробовідбірник повинен мати робочу площу для відбору ґрунту не менше  $0,001 \text{ м}^2$  і можливість здійснювати відбір на глибину до  $0,2 \text{ м}$ .

2. Конструкція пробовідбірника повинна забезпечувати повний відбір проби і запобігати потраплянню ґрунту з інших ділянок у його робочу

частину.

3. Для вимірювання потужності дози гамма-випромінювання на досліджуваній території використовуються атестовані та повірені дозиметри-радіометри з пошуковими функціями. Додаткові вимоги до відбору ґрунтових проб можна знайти в ДСТУ Б В.2.1-8 та ДСТУ 4287.

4. Загальні вимоги до вибору майданчиків для відбору проб:

- Місце відбору проб має бути рівним, горизонтальним і з однорідним рослинним покриттям, без ушкоджень поверхні.

- Будівлі та дерева мають знаходитися не ближче ніж на дві їхні висоти від пробного майданчика.

- Пробний майданчик має бути на відстані не менше 20 метрів від доріг або місць, де може накопичуватись чи змиватись радіоактивне забруднення.

- Відстань між точками відбору проб ґрунту на майданчику або між майданчиками повинна бути не менше 1 метра. Географічні координати центру пробного майданчика записуються у паспорт проби та журнал обстеження.

Перед відбором проб на ділянці проводиться гамма-зйомка для вимірювання потужності гамма-випромінювання в повітрі. Вимірювання здійснюються на висоті 1 м від поверхні ґрунту по регулярній мережі точок, розташованих на відстані не більше 100 м одна від одної. [20]

На основі отриманих результатів розраховується середнє значення потужності гамма-дози і максимальні відхилення від цього значення. Якщо максимальні відхилення не перевищують 30% від середнього значення, ділянку вважають однорідно забрудненою.

Якщо відхилення більше 30%, ділянка вважається неоднорідно забрудненою. У разі неоднорідного забруднення проводять додаткову гамма-зйомку для визначення меж локальних неоднорідностей і рівномірно забруднених ділянок.

Відбір точкових проб:

Ґрунт відбирається на пробному майданчику з рівномірним розподілом точок відбору. Не дозволяється відбір проб з низин мікрорельєфу чи з ділянок з пошкодженою дерниною. Рекомендується використовувати 5 точкових проб для формування однієї змішаної проби ґрунту за методом "конверта", при цьому маса проби повинна становити не менше 1 кг.

Проби відбираються за допомогою пробовідбірника, занурюючи його на глибину до 0,2 м після зрізу рослинності на визначеній ділянці. Відібрані проби упаковуються в марковані ємності. На ущільнених ґрунтах проби можуть бути відібрані в кілька етапів для досягнення необхідної глибини.

Не допускається гомогенізація проб у польових умовах і відбір частини для подальшого вимірювання активності. У процесі радіаційного контролю всю територію сільських населених пунктів вважають обстеженою ділянкою. На природних ландшафтах за межами населених пунктів обстежується ділянка площею до 5 га.

У разі нерівномірного забруднення ділянка поділяється на суб-ділянки з рівномірним забрудненням, для кожної з яких відбираються проби згідно з установленими процедурами.

Якщо лабораторні дослідження вказують на те, що рівень забруднення на певному пробному майданчику відрізняється більш ніж на 50% від середнього значення для ділянки, то додатково вибираються 5 нових майданчиків для відбору проб.

Пробні майданчики на території з нерівномірним забрудненням повинні розміщуватись вздовж ліній нерівномірної координатної сітки, де відстань між лініями визначається з урахуванням віддаленості від джерела забруднення, напрямку його поширення та результатів попередньої гамма-зйомки.

У разі обстеження угідь, площа яких не перевищує 1 га, вся ділянка вважається обстеженою. Якщо площа більша, ділянку ділять на частини по 1

га і кожен з них обстежують окремо.

Об'єднана проба повинна бути чітко маркована: на упаковці чи етикетці зазначають шифр, дату та час відбору. Проби доставляються в лабораторію якнайшвидше після відбору. Допускається транспортування проб будь-яким видом транспорту відповідно до вимог ДСП 6.074.120.

Проби ґрунту зберігаються в темному місці при температурі від 2 до 6 °С з доступом повітря до вимірювання активності радіонуклідів. Дослідження проб слід проводити якомога швидше після їх відбору. Через 2 доби після вимірювань проби підлягають утилізації відповідно до вимог ДСП 6.074.120 та внутрішніх нормативних документів установи, що здійснила вимірювання.

Вимоги до безпеки:

Безпека при відборі проб, транспортуванні та зберіганні ґрунту повинна відповідати вимогам НРБУ, ДСП 6.074.120 та ДСТУ ISO 10381-3.

Форма протоколу відбору проби ґрунту:

1. Шифр проби \_\_\_\_\_
2. Дата відбору \_\_\_\_\_
3. Область \_\_\_\_\_
4. Район \_\_\_\_\_
5. Населений пункт \_\_\_\_\_
6. Господарство \_\_\_\_\_
7. Географічні координати пробного майданчика \_\_\_\_\_
8. Кількість точкових проб \_\_\_\_\_
9. Марка пробовідбірника \_\_\_\_\_
10. Площа відбору точкової проби \_\_\_\_\_
11. Середня потужність гамма-дозиметра \_\_\_\_\_
12. Опис обстежуваної ділянки (тип угіддя, ландшафт, мікрорельєф тощо) \_\_\_\_\_
13. Організація, відповідальний виконавець \_\_\_\_\_

## 2.4. Вибір проб ґрунту, підготовка та проведення вимірювання активності <sup>137</sup>Cs

### Прийом та обробка доставлених проб

Прийом та попередня обробка доставлених проб здійснюється в спеціально оснащеному приміщенні, де є витяжні та сушильні шафи, 118 муфельних печей, а також пристрої для миття посуду, тари і, за потреби, самих проб. При перевірці наданих проб їх порівнюють з описами та перевіряють радіоактивність упаковки кожної проби за допомогою індикаторного приладу СРП-68-01. Проби з високим рівнем забруднення досліджують особливо обережно, дотримуючись відповідних заходів безпеки. Перед приготуванням середньої проби матеріал ретельно перемішують. Масу сировинної проби записують у робочий журнал.

Проби піддаються різним етапам підготовки залежно від мети дослідження. Для швидкої оцінки рівня забруднення та виявлення високоактивних радіонуклідів застосовуються експрес-методи, які не потребують попереднього зважування чи обробки проби (рис. 2.7). Якщо активність проби низька, для точнішого виявлення радіонуклідів застосовують збагачення проби шляхом сушіння, обвуглювання та озонування в муфельній печі.

Після доставки проб до лабораторії їх сушать в сушильній шафі при температурі 105°C протягом 24 годин. Потім проби просівають через сито з діаметром отворів 2 мм, щоб видалити залишки кореневої системи рослин. Просіяні зразки поміщають у посудини Марінеллі об'ємом 1 літр, підписують і проводять вимірювання за допомогою спектрометра.

Вимірювання  $\gamma$ -фону дозиметром-радіометром СТОРА та запис треку програмою GSEcotest.

Дозиметр-радіометр СТОРА — компактний прилад для оперативного виявлення та локалізації джерел альфа-, бета-, гамма-випромінювання. Прилад оснащений лічильником Гейгера-Мюллера з скляним вікном, що чутливий до всіх типів випромінювання. Дисплей приладу одночасно показує одиниці вимірювання, похибки вимірів, пороговий рівень і реальний час. Діапазон вимірювання: 0,1 – 100000 мкЗв/год. Прилад дозволяє зберігати до 1000 результатів вимірювань в енергонезалежній пам'яті, переглядати їх на екрані та передавати в персональний комп'ютер через Bluetooth в реальному часі. [22]

Підключений до планшету через програму CSEcotest, прилад дозволяє проводити запис треків досліджень з прив'язкою GPS і здійснювати оглядовий аналіз. Програма GS Ecotest працює в складі інтелектуального дозиметричного комплексу (ІДК) і призначена для смартфонів і планшетів на базі операційної системи Android.

Програма GS Ecotest використовується для обробки та відображення дозиметричних даних, які безперервно передаються через Bluetooth від детектора гамма-випромінювання «Gamma Sapiens». ІДК можна використовувати для:

- Контролю особистої радіаційної безпеки.
- Оцінки радіаційної чистоти різних об'єктів: житлових приміщень, будівель, споруд, побутових предметів, одягу, ґрунту, транспортних засобів.
- Оцінки радіаційної чистоти територій відпочинку, туризму, полювання та риболовлі.

Програма GS Ecotest доступна для завантаження через Google Play для користувачів Android-пристроїв.

Підготовка до використання

Налаштування перед першим підключенням:

1. У налаштуваннях Bluetooth на Android-пристрої встановіть «Ім'я

пристрою: С НЕСКРОІNT х», де х — будь-які цифри або літери.

2. При першому підключенні до Android-пристрою прилад запитає PIN-код. Введіть: 0000.

Налаштування перед кожним підключенням:

1. Увімкніть Bluetooth і вимкніть «Режим без зв'язку» на Android-пристрої.
2. Звільніть Bluetooth-інтерфейс від інших з'єднань.
3. Запустіть програму GS Ecotest на Android-пристрої.
4. Відкрийте меню програми та виберіть команду «Приєднати пристрій Bluetooth».
5. Активуйте дозиметричний прилад для підключення через Bluetooth, слідуючи інструкціям у посібнику.

Початок.

У програмі GS Ecotest відкрийте меню додаткових функцій та виберіть «Приєднати пристрій Bluetooth». На екрані з'явиться запит на дозвіл для пошуку Bluetooth. Після натискання кнопки «Так» на Android-пристрої, активуйте прилад Gamma Sapiens, утримуючи кнопку до того, як світлодіодний індикатор почне блимати. Висока частота миготіння свідчить, що пристрій шукає Android-пристрій. Як тільки з'єднання буде встановлено, частота миготіння зменшиться.

Якщо на екрані Android-пристрою з'явиться діалогове вікно «Прилад запитує дозвіл на з'єднання», натисніть «Так», щоб підтвердити з'єднання.

Вимірювання та відображення дозиметричних даних

Після початку вимірювання, на екрані Android-пристрою в режимі індикації почнуть відображатися результати вимірів та значення статистичних помилок. Статистична помилка з часом зменшується, досягаючи заданого рівня, після чого процес виміру продовжується, але частина статистичної інформації відкидається. Значення статистичної помилки буде відображатися сірим, поки воно перевищує межу допустимої

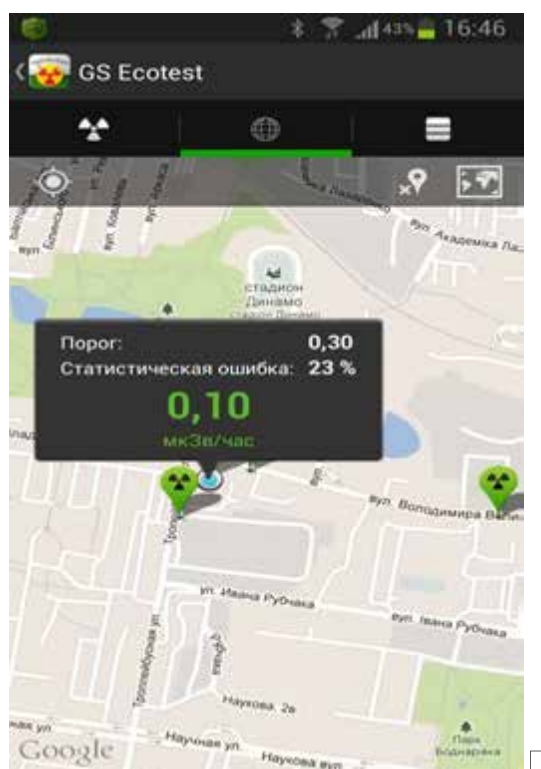
похибки, і білим, коли стане рівним або меншим цієї межі.

Прилад Gamma Sapiens автоматично визначає задану статистичну помилку залежно від інтенсивності випромінювання.

Спеціальні терміни та поняття.

Для структурування дозиметричної інформації в базі даних програми GS Ecotest введено кілька спеціальних термінів. Одним з них є Точка, яка визначає конкретне місце в архітектурній споруді або на відкритому просторі, де проводяться дозиметричні вимірювання. Кожна точка має унікальний ідентифікатор і, за потреби, може містити GPS-координати, якщо пристрій підтримує відповідне обладнання.

Рис.2.4 Інтерфейс програми «GS Ecotest»



Трек — це набір точок вимірювання, сформованих за певними параметрами, визначеними користувачем (такими як інтервал часу, зміна позиції, перевищення порогу по  $\gamma$ ,  $\beta$ , зниження значення нижче порога по  $\gamma$ ,

β) або записаних вручну.

Кожна точка містить дані про дозиметричний вимір, такі як потужність дози або щільність потоку частинок бета-випромінювання (для приладів МКС-05 «ТЕРРА» або РКС-01 «СТОРА-ТУ»). Кожен Трек у базі даних програми «GS Ecotest» має свою назву та автоматично згенерований унікальний ідентифікатор, який не може повторюватися.

Точки, що входять до Треку, автоматично отримують унікальний ідентифікатор та назву у форматі: назва трека#номер точки в треку. Наприклад, Track 2013/12/12 14:15:16 # 5.

Режим «Відображення на карті»


Для роботи цього режиму на пристрої Android необхідно:

- Наявність Інтернет-каналу для онлайн використання карт Google Maps.
- Увімкнений GPS-пристрій.

Цей режим дозволяє відобразити основну дозиметричну інформацію в реальному часі на карті місцевості, з точкою вимірювання. Біля поточної точки вимірювання відображається табличка, що містить основні дозиметричні дані:

- Числове значення потужності дози (або густини потоку частинок бета-випромінювання).
- Порогове значення та індикатор перевищення порогу (червоний колір).
- Числове значення статистичної помилки вимірювання і вказівка на її достовірність.

Значення статистичної помилки відображається сірим кольором, якщо воно перевищує гранично допустиму відносну основну помилку вимірювання ПЕД. Коли значення статистичної помилки стає меншим або рівним допустимому ліміту, воно відображається білим кольором. Зображення таблички можна увімкнути або вимкнути, натиснувши на неї.

Користувач може перемикатися між різними типами карт, використовуючи спеціальну кнопку на зображенні карти. Поточні дозиметричні дані на карті можуть відображатися як окремо, так і разом із дозиметричною інформацією, збереженою в базі даних. Точки вимірювання з бази даних позначаються на карті одним з чотирьох типів кольорових маркерів, залежно від діапазону останнього значення потужності дози в кожній точці:  [23]

Експорт даних до зовнішніх картографічних сервісів Google Earth та Google Maps.

Щоб експортувати збережені дані, спочатку необхідно відобразити їх на карті «GS Ecotest». Потім слід натиснути кнопку експорту, після чого з'явиться діалогове вікно, в якому потрібно ввести назву та коментар для .kmz файлу. Користувачеві буде запропоновано стандартну назву у форматі: назва пристрою-назва програми-дата-число. Після натискання кнопки "ОК" файл буде збережено в каталозі "GS Ecotest" на карті пам'яті пристрою. Відображення треків на карті. [24 ]

Треки на карті позначаються точками вимірювань, з'єднаними лініями зі стрілками. Напрямок стрілок вказує на рух користувача між точками. Після натискання кнопки "ОК" розпочнеться запис нового треку, який формуватиметься згідно з заданими параметрами налаштувань. Для завершення запису треку потрібно викликати функцію «Завершити запис треку» в меню.

## РОЗДІЛ 3. Результати експериментальних досліджень

### 3.1. Місця відбору зразків для досліджень

Для відбору зразків сільськогосподарської продукції, зокрема кукурудзи та соняшника, були обрані поля, розташовані поблизу селища Народичі в Житомирській області. [25].

Великі площі сільськогосподарських угідь у цьому регіоні зазнали радіоактивного забруднення після аварії на Чорнобильській АЕС (західний радіоактивний слід) і наразі відносяться до 2-ї та 3-ї зон забруднення. [26]

Восени 2023 року ми відвідали ці території для проведення досліджень, здійснивши відбір зразків на полях, де вирощували кукурудзу та соняшник. Досліджувані поля знаходяться на північ від селища Народичі (рис. 3.1–3.3)

Рисунок 3.1. Поле №1, соняшник



Площа поля №1, за результатами обрахунку в додатку Google Earth становить 12,27 га. Тут було здійснено вимірювання показників потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання, взяті зразки ґрунту та зерна соняшника для вимірювань питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у лабораторії.

Рисунок 3.2. Вимірювання



Площа поля №2, де також вирощувався соняшник, складає 27,52 га. Тут також було здійснено вимірювання показників потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання, взяті зразки ґрунту та зерна соняшника для вимірювань питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у лабораторії.

Рисунок 3.3.

Поле №3, на якому у 2023 році вирощувалась кукурудза



Площа поля №3 становить 106,65 га, засіяне було кукурудзою. На цьому полі було проведено вимірювання показників потужності  $\gamma$ -фону, відібрані зразки ґрунту та зерна кукурудзи для подальших вимірювань питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у лабораторії.

### 3.2. Результати вимірювання потужності $\gamma$ -фону на досліджуваних полях

На першому етапі досліджень проведено  $\gamma$ -зйомку території обраних полів. Пішки пройдено вказану територію полів №1, №2 і №3 та записано показники еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання в автоматичному режимі за допомогою дозиметра РКС-01 «СТОРА-ТУ». [27]

Вимірювання проводили на висоті 1 м над землею із прив'язкою до географічних координат місцевості. Були отримані треки з результатами вимірювань. Далі за допомогою додатку GoogleEarth треки з результатами вимірювань були візуалізовані (рис. 3.4 – 3.6)

Рисунок 3.4. Поле №1, розташування точок вимірювання потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання



Застосунок GS Ecotest, що працює на смартфоні з операційною системою Android здійснює запис треку з результатами вимірювання гамма-фону на території, зчитуючи показники через Bluetooth з'єднання з дозиметром-радіометром СТОРА-ТУ та паралельно здійснює прив'язку результатів до географічних координат через GPS-датчик смартфона. Далі трек із результатами вимірювань було опрацьовано вручну, ми вибрали по 15 результатів на кожному полі та створили таблиці 3.1 – 3.3. [28]

Таблиця 3.1.

Результати вимірювання потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання на полі №1

№ точ ки	Довгота	Широта	Значення $\gamma$ -фону, мкЗв/год
1	29,094848	51,217540	0,16 $\pm$ 0,03
2	29,094227	51,217340	0,20 $\pm$ 0,04
3	29,094118	51,217280	0,22 $\pm$ 0,05
4	29,093657	51,217358	0,18 $\pm$ 0,04
5	29,092238	51,217385	0,19 $\pm$ 0,04
6	29,090973	51,217270	0,18 $\pm$ 0,04
7	29,090775	51,216887	0,16 $\pm$ 0,03
8	29,090463	51,216690	0,17 $\pm$ 0,03
9	29,090570	51,216540	0,15 $\pm$ 0,04
10	29,090388	51,216515	0,16 $\pm$ 0,04
11	29,090048	51,216157	0,16 $\pm$ 0,03
12	29,089303	51,215892	0,18 $\pm$ 0,04
13	29,089008	51,215593	0,19 $\pm$ 0,05
14	29,089538	51,215520	0,19 $\pm$ 0,05
15	29,089702	51,215527	0,22 $\pm$ 0,05

Гамма-фон на полі №1 коливається в межах від 0,15 $\pm$ 0,04мкЗв/год до 0,22 $\pm$ 0,05 мкЗв/год. Дане поле будемо вважати забрудненим нерівномірно, тому що різниця між найменшим та найбільшим значеннями перевищує 30%.

Поле №2, трек вимірювання потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання



Таблиця 3.2

Результати вимірювання потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання на полі №2

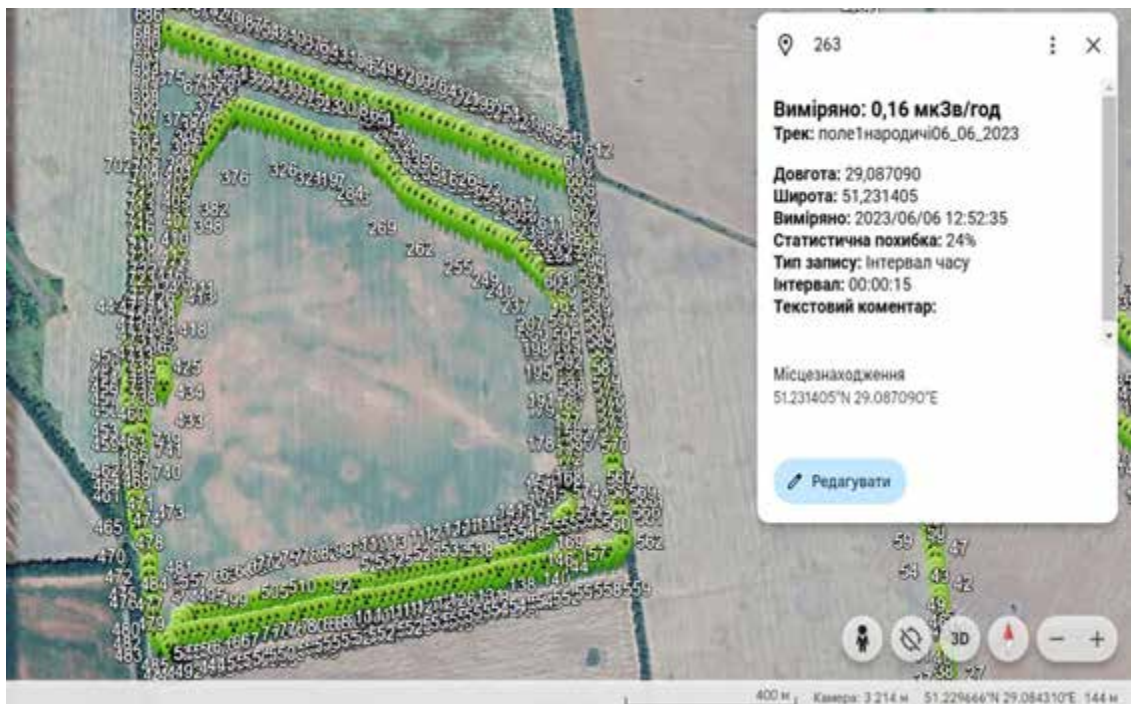
№ точ ки	Довгота	Широта	Значення $\gamma$ -фону, мкЗв/год
1	29,077585	51,235703	0,17±0,03
2	29,077687	51,235742	0,16±0,03
3	29,079117	51,235710	0,15±0,03
4	29,080403	51,235648	0,16±0,04
5	29,081742	51,235622	0,14±0,03
6	29,083232	51,235572	0,16±0,03
7	29,084468	51,235553	0,18±0,04
8	29,085817	51,235463	0,15±0,03
9	29,088795	51,235263	0,17±0,04
10	29,090268	51,235042	0,17±0,04
11	29,090693	51,234113	0,16±0,03
12	29,090220	51,232812	0,17±0,04

13	29,086492	51,233467	0,19±0,05
14	29,081647	51,234363	0,19±0,05
15	29,078717	51,234937	0,14±0,03

Гамма-фон на полі №2 коливається в межах від  $0,14\pm 0,03$  мкЗв/год до  $0,19\pm 0,05$  мкЗв/год. Дане поле будемо також вважати забрудненим нерівномірно, тому що різниця між найменшим та найбільшим значеннями перевищує 30%.

Рисунок 3.6.

Поле №3, трек вимірювання потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання



Гамма-фон на полі №3 коливається в межах від  $0,14\pm 0,03$  мкЗв/год до  $0,20\pm 0,04$  мкЗв/год. Дане поле будемо вважати забрудненим  $^{137}\text{Cs}$  нерівномірно, тому що різниця між найменшим та найбільшим значеннями перевищує 30%.

Таблиця 3.3

Результати вимірювання потужності еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання на полі №3

№ точ ки	Довгота	Широта	Значення $\gamma$ -фону, мкЗв/год
1	29,080593	51,233195	0,21±0,04
2	29,084237	51,232590	0,19±0,04
3	29,086405	51,231620	0,15±0,03
4	29,089663	51,230735	0,14±0,03
5	29,091070	51,229620	0,18±0,04
6	29,091265	51,228413	0,18±0,04
7	29,091307	51,226693	0,17±0,04
8	29,090683	51,225557	0,19±0,04
9	29,089607	51,225157	0,16±0,03
10	29,087790	51,224958	0,16±0,04
11	29,084088	51,224538	0,14±0,03
12	29,079658	51,224072	0,16±0,04
13	29,076958	51,226273	0,17±0,04
14	29,077425	51,228583	0,15±0,04
15	29,078627	51,231892	0,20±0,04

**3.3. Поверхнева активність ґрунту  $^{137}\text{Cs}$ , питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у зерні соняшнику та кукурудзи**

Також на полі №1 було відібрано 3 зразки ґрунту методом «конверту» і в цих же місцях взято соняшник. Далі у лабораторії проведено вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті на гамма-спектрометрі кафедри загальної екології, радіобіології та БЖД. При відборі зразків ґрунту, бур заглиблювали на глибину 20 см. [29] Розміщення точок відбору проб показано на рис. 3.7.

Рисунок 3.7. Поле №1, точки відбору зразків ґрунту та соняшнику



Усі зразки, після висушування в лабораторії, були оброблені вручну для отримання зразків насіння соняшнику, необхідних для вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$ .

Однак виявилось, що у посудині Марінеллі об'ємом 1000 мл, заповненій насінням соняшнику, не вдалося визначити питому активність за допомогою сцинтиляційного гамма-спектрометра, оскільки рівень активності був нижчим за мінімально детектовану величину для такого об'єму зразка.

Тому ці зразки були додатково виміряні за допомогою гамма-спектрометра з напівпровідниковим детектором, що знаходиться в лабораторії гамма-спектрометрії Інституту сільськогосподарської радіології НУБіП України. [30]

На полі №2 було відібрано два зразки ґрунту та насіння соняшнику. Місця відбору зразків показані на рис. 3.8. Усі отримані зразки були висушені, і на них було проведено вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у лабораторії.

На полі №3 було взято три зразки ґрунту та насіння кукурудзи. Локації відбору зразків відображені на рис. 3.9.

Рисунок 3.8. Поле №2, місця відбору зразків ґрунту та насіння соняшнику



Рисунок 3.9. Поле №3, місця відбору зразків ґрунту та насіння кукурудзи



В табл. 3.4 розміщені результати вимірювання питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у зразках ґрунту та результати розрахунків поверхневої радіоактивності за даним радіоактивним ізотопом, що далі будуть використані для розрахунку коефіцієнтів накопичення ( $K_n$ ) і переходу ( $K_p$ ). [31]

Таблиця 3.4

Результати визначення параметрів забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$

№ точки	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ ґрунту, Бк/кг	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ у зерні, Бк/кг	Поверхнева активність ґрунту $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м <sup>2</sup>	Поверхнева активність ґрунту $^{137}\text{Cs}$ , Ки/км <sup>2</sup>
Поле №1, соняшник				
1	420±38	9,4±1,1	108,6±11	2,9±0,3
2	340±31	4,0±0,8	87,1±10	2,4±0,2
3	407±37	8,8±1,2	100,0±10	2,7±0,3
Поле №2, соняшник				
4	360±32	2,5±0,3	94,7±8	2,6±0,3
5	270±24	2,3±0,3	79,8±7	2,2±0,3
Поле №3, кукурудза				
6	569±46	1,4±0,1	191,6±20	5,2±0,4
7	468±42	1,6±0,3	133,1±12	3,6±0,4
8	318±29	1,1±0,1	106,1±10	2,9±0,3

Аналізуючи дані таблиці 3.4 варто відмітити, що зерно соняшнику мало трохи вищу питому активність  $^{137}\text{Cs}$  в порівнянні з кукурудзою, хоча поверхнева радіоактивність ґрунту поля №3, де росла кукурудза, є вищою, ніж на полях №1 і №2.

Якщо розглянути вимоги Державних гігієнічних нормативів "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді", затверджених наказом МОЗ від 03.05.2006 року №256, то для насіння кукурудзи встановлюється допустиме значення на рівні 50 Бк/кг, для насіння соняшнику – 70 Бк/кг.

Відповідно до даних з таблиці 3.4, не було встановлено перевищення нормативів вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у зерні соняшнику та кукурудзи. Для соняшнику найвищий зафіксований показник складає 13% від значення допустимого

рівня. Для кукурудзи – всього трохи вище 3%.

### 3.4. Розрахунок коефіцієнтів накопичення та переходу та прогнозування рівня забруднення продукції

Отримані значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  для ґрунту та вирощеної на ньому продукції, а також величини щільності забруднення території  $^{137}\text{Cs}$  були використані для розрахунку коефіцієнту переходу та коефіцієнту накопичення, відповідно до формул 3.1 та 3.2.

Коефіцієнт накопичення ( $K_H$ )  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту у рослин - це відношення питомої активності радіонукліда в рослинах (Бк/кг) до питомої активності ґрунту (Бк/кг) в перерахунку на суху масу для зерна (формула 3.1):

$$K_H = \frac{A_{\text{рослин}} (\text{Бк} / \text{кг})}{A_{\text{ґрунту}} (\text{Бк} / \text{кг})} \quad (3.1)$$

Коефіцієнт переходу ( $K_P$ )  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту у рослин - це відношення питомої активності радіонукліда в рослинах (Бк/кг) до щільності забруднення території (кБк/м<sup>2</sup>) (формула 3.2):

$$K_P = \frac{A_{\text{рослин}} (\text{Бк} / \text{кг})}{A_{\text{ґрунту}} (\text{кБк} / \text{м}^2)} \quad (3.2)$$

Отримані результати занесені до таблиці 3.5.

Отже, за результатами проведених досліджень були отримані середні значення коефіцієнтів накопичення: для зерна соняшнику – 0,0142, для зерна кукурудзи – 0,0031.

Середня величина коефіцієнту переходу для зерна соняшнику – 0,0551 а для зерна кукурудзи – 0,0099.

Отримані значення коефіцієнтів переходу для зерна соняшнику та кукурудзи дозволяють виконати прогнозування рівнів забруднення  $^{137}\text{Cs}$  для врожаю отриманого на інших полях з подібними ґрунтово-кліматичними

умовами навколо населеного пункту Народичі. Потрібно тільки мати дані про поверхневу радіоактивність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті цих полів.

Це було зроблено у рамках виконання науково-педагогічними працівниками кафедри загальної екології, радіобіології та БЖД наукового проекту за підтримки НФДУ. У 2023 році була створена картосхема поверхневої радіоактивності  $^{137}\text{Cs}$  для сільськогосподарських угідь навколо населеного пункту Народичі (рис. 3.10).

Згідно з отриманими нами значеннями коефіцієнтів переходу для зерна соняшника і кукурудзи було виконано прогноз рівнів забруднення врожаю цих культур за величиною поверхневої радіоактивності  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті та оцінено потенційний ризик отримати продукцію з перевищенням допустимих рівнів вмісту  $^{137}\text{Cs}$ . Отримані значення розміщено в таблиці 3.6.

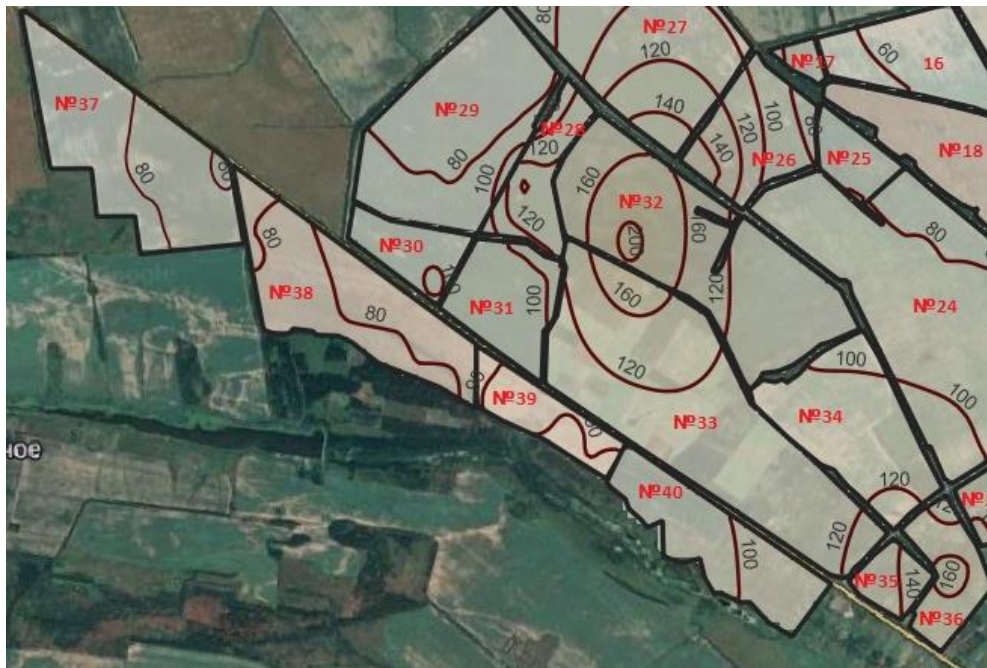
Таблиця 3.5

Результати розрахунків коефіцієнтів накопичення і переходу

№ точки	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ ґрунту, Бк/кг	Питома активність $^{137}\text{Cs}$ у зерні, Бк/кг	Поверхнева активність ґрунту $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт накопичення	Коефіцієнт переходу
Поле №1, соняшник					
1	420±38	9,4±1,1	108,6±11	0,0224	0,0866
2	340±31	4,0±0,8	87,1±10	0,0118	0,0459
3	407±37	8,8±1,2	100,0±10	0,0216	0,0880
Поле №2, соняшник					
4	360±32	2,5±0,3	94,7±8	0,0069	0,0264
5	270±24	2,3±0,3	79,8±7	0,0085	0,0288
Поле №3, кукурудза					

6	569±46	1,4±0,1	191,6±20	0,0025	0,0073
7	468±42	1,6±0,3	133,1±12	0,0034	0,0120
8	318±29	1,1±0,1	106,1±10	0,0035	0,0104

Рис. 3.10. Фрагмент картосхеми поверхневої активності  $^{137}\text{Cs}$  для полів навколо населеного пункту Народичі.



Таблиця 3.6

Поверхнева активність  $^{137}\text{Cs}$  для орних угідь та прогнозований рівень забруднення зерна соняшнику і кукурудзи при вирощуванні північніше с. Народичі

№ поля (рис. 3.10)	Площа поля, га	Середня поверхнева активність $^{137}\text{Cs}$ ґрунту, кБк/м <sup>2</sup>	Прогнозований рівень забруднення насіння соняшнику, Бк/кг	Прогнозований рівень забруднення зерна кукурудзи, Бк/кг
32	151,8	131,6	7,3	1,3

33	191,2	119,1	6,6	1,2
34	79,5	107,8	5,9	1,1
35	16,5	137,0	7,5	1,4
36	32,3	145,5	8,0	1,4
37	110,2	73,7	4,1	0,7
38	99,3	79,0	4,4	0,8
39	30,4	90,0	5,0	0,9
40	63,9	98,5	5,4	1,0

Згідно з даними, наведеними в таблиці 3.6, не зафіксовано перевищення прогнозованого допустимого рівня (ДР-2006) у зерні соняшника та кукурудзи. Для прогнозування використовувалась середня щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  на 9 полях загальною площею 775,1 га. Прогнозована питома активність насіння соняшнику на цих полях становить від 4,1 до 8,0 Бк/кг, що не перевищує допустимий рівень для цього виду продукції (70 Бк/кг).

Щодо прогнозованої питомої активності зерна кукурудзи, то перевищення нормативу ДР-2006 (50 Бк/кг) для цієї культури також не виявлено. Прогнозовані значення питомої активності зерна кукурудзи варіюються від 0,7 Бк/кг до 1,4 Бк/кг. Отже, вирощування кукурудзи на полях поблизу селища Народичі не потребує обмежень. [32]

## ВИСНОВКИ

1. Потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання на полях, де вирощувався соняшник, варіюється від  $0,14 \pm 0,03$  мкЗв/год до  $0,22 \pm 0,05$  мкЗв/год. Ці поля є нерівномірно забрудненими  $^{137}\text{Cs}$ , оскільки різниця між мінімальними та максимальними значеннями перевищує 30%.

2. Потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання на полі, де вирощувалася кукурудза, коливається від  $0,14 \pm 0,03$  мкЗв/год до  $0,21 \pm 0,03$  мкЗв/год. Це поле також є нерівномірно забрудненим  $^{137}\text{Cs}$ .

3. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті досліджуваних полів варіюється в межах від  $270 \pm 24$  Бк/кг до  $569 \pm 46$  Бк/кг. Поверхнева активність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті становить від  $79,8 \pm 7$  кБк/м<sup>2</sup> до  $191,6 \pm 20$  кБк/м<sup>2</sup>.

4. За результатами досліджень були отримані середні значення коефіцієнтів переходу (Кп): для насіння соняшнику – 0,0142, для зерна кукурудзи – 0,0031. Середні значення коефіцієнтів накопичення (Кп): для насіння соняшнику – 0,0551, для зерна кукурудзи – 0,0099.

5. Не було виявлено перевищення нормативів вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у проаналізованих зразках насіння соняшнику та зерна кукурудзи. Найвищий показник для соняшнику складає лише 13% від допустимого рівня, для кукурудзи – трохи більше 3%.

6. Результати прогнозування рівнів забруднення продукції на основі отриманих коефіцієнтів переходу для 9 полів загальною площею 775,1 га показали, що вирощування соняшнику та кукурудзи на цих полях є безпечним, оскільки перевищення допустимих рівнів  $^{137}\text{Cs}$  не очікується.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / Центр Держродючість, ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. – К. : НуБіП, 2010. – 50 с.
2. Freiziene D. The influence of soil organic carbon, moisture and temperature on soil surface CO<sub>2</sub> emission in the 10th year of different tillage-fertilization management / D. Freiziene, G. Kadziene // *Zemdirbyste-Agriculture*. – 2008. – Vol. 95, № 4. – P. 29–45.
3. Шимель В. В. Вплив осушення та обробітку гігроморфних ґрунтів на емісію вуглекислого газу в атмосферу / В. В. Шимель // *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва*. – 2012. – № 4. – С. 74–76.
4. Raich J. W. Intrannual variability in global soil respiration / J. W. Raich, C. S. Potter, D. Bhagavatti // *Global Change Biology*. – 2002. – Vol. 8. – P. 800–812.
5. Дібров Б. І. Ґрунти Житомирської області / Б. І. Дібров ; за ред. Н. Б. Вернандер. – К. : Урожай, 1969. – 59 с.
6. Полішвайко М. В. Ґрунти Волинської області / М. В. Полішвайко ; за ред. Н. Б. Вернандер. – Львів : Каменяр, 1969. – 62 с.
7. Кваша М. В. Ґрунти Ровенської області / М. В. Кваша. – Львів : Каменяр, 1970. – 100 с.
8. Засульська Т. М. Ґрунти Київської області / Т. М. Засульська, І. Г. Захарченко ; за ред. С. О. Скорини. – К. : Урожай, 1969. – 59 с.
9. Скорина С. О. Ґрунти Чернігівської області / С. О. Скорина. – К. : Урожай, 1969. – 51 с.
10. Гримало О. Ф. Ґрунти Сумської області / О. Ф. Гримало, Н. Я. Кисіль. – Харків : Прапор, 1970. – 72 с.
11. Гудков І.М., Лазарев М.М. Особливості ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях Лісостепу // Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України. - К: Вид-во ТОВ "Алефа" - 2003. - Т. 1. - С. 747 - 775.

12. Андрієнко А., Дергачов Д., Кузьмич В., Токар Б. Гібриди кукурудзи – такі схожі, такі різні. *Агроном*. 2015. № 1. С. 130–138.
  13. Джура Ю., Марченко О. Посухостійкість та регіональне позиціонування гібридів кукурудзи. *Зерно*. 2014. № 11. С. 66–69. 3. Дзюбецький Б. В. Формування ознаки «вологість» у скоростиглих гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 1. С. 41–44.
  14. Довідник для радіологічних служб МІНСІЛЬГОСППРОДУ України. – К.- 1997. – 175 с.
  15. Державні гігієнічні нормативи "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді". Затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 3 05 2006 р. N 256, зареєстр. в Міністерстві юстиції України 17 07 2006 р. за№ 845/12719.
  16. Задорожний В. С. Контроль бур'янів у посівах кукурудзи за різних технологій обробітку ґрунту. *Агроном*. 2014. № 3. С. 116–119.
  17. Екологічно доцільна технологія вирощування кукурудзи : монографія / за ред. О. І. Зінченка. Миколаїв : Видавництво Ірини Гудим, 2011. 224 с
  18. Ідентифікація ознак кукурудзи (*Zea mays L.*) : навчальний посібник / Кириченко В. В. та ін. Харків : ІР ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2007. 137 с.
  19. Кирпа М. Травмування насіння кукурудзи та заходи щодо його обмеження. *Пропозиція*. 2014. № 12. С. 102–105.
  20. Кирпа М. Я. Якість насіння кукурудзи залежно від способів зберігання. *Агроном*. 2014. № 4. С. 120–123.
  21. Кліщенко С. В. Особливості сучасних світових технологій вирощування кукурудзи. Київ : ЕНЕМ, 2006. 120 с.
  22. Косарський В. Ю. Вплив густоти рослин на врожайність зерна кукурудзи. *Агроном*. 2010. № 3. С. 70–73
- Концепція ведення агропромислового виробництва на забруднених територіях та їх комплексної реабілітації на період 2000 - 2010рр.- К. 2000.- 47с.

23. Ліхтарьов І. А., Ковган Л. М. Загальнодозиметрична паспортизація населених пунктів України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії: Узагальнені дані за 2001 - 2004 рр.- К. 2005. - 57 с.

24. Проблеми сільськогосподарської радіології через 15 років після аварії на ЧАЕС / Б.С. Пристер, Л.В. Перепелятнікова, В.О. Кашпаров, М.М. Лазарев //Наук, вісник нац. аграр. ун-ту. - 2001. -№ 45.- С. 142 - 145.

25. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України від 27 лютого 1991 р. № 791а-ХІІ в редакції Закону від 04.04.97 р. № 182/97-ВР.

26.Радіаційна ситуація на сільськогосподарських угіддях Київської області та заходи щодо зниження негативної дії наслідків Чорнобильської катастрофи: Метод, рекомендації. - К., - 2000. - 95 с.

27. Як вирощувати високі урожаї зернових культур у колективних і фермерських господарствах Степової зони України / Круть В.М. та ін. Дніпропетровськ : Інститут кукурудзи, 1993. 31 с.

28. Кухарчук П. І., Войтовик М. В. Технологічні аспекти підвищення урожайності зерна кукурудзи. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2002. № 1. С. 15–18.

29. Науково-практичні рекомендації по збиранню, обробці і збереженню зерна кукурудзи / Є. М. Лебідь та ін. Дніпропетровськ : Інститут зернового господарства, 2006. 10 с.

30. Рекомендації по виробництву високоякісної продукції зернових культур. Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2003. 40 с.

31. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. для студ. вищ. аграр. закл. освіти I–IV рівнів акредитації, що вивчають дисципліни «Рослинництво» / за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка. Львів : НВФ «Укр. технології», 2010. 1088 с.

32. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ : ВД «ЕКМО», 2007. 44 с

