

УДК 631.438:631.442.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.33>

РАДІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ДЕРНОВО-ОПІДЗОЛЕНОГО ПІЩАНОГО ҐРУНТУ ПРИСАДИБНИХ ТЕРИТОРІЙ ПІСЛЯ 37-РІЧНОГО ПЕРІОДУ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

Дідур І.М. – д.с.-г.н., професор,
директор,

Навчально-науковий інститут агротехнологій та природокористування
Вінницького національного аграрного університету

Панцирева Г.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет

Алексєєв О.О. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Вінницький національний аграрний університет

Приймак Ю.С. – аспірант кафедри екології,

Львівський національний університет природокористування

Мищенко Б.Д. – аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища,
Вінницький національний аграрний університет

Аварія на Чорнобильській АЕС призвела до вилучення із виробництва певної території сільськогосподарських угідь в тім числі і урбанізованих територій в межах яких населення вирощували для власних потреб продукцію рослинництва. Не дивлячись на те деякі присадибні території населених пунктів протягом періоду з 1996 року по даний час використовувались під вирощування сільськогосподарських культур для власних потреб населення.

Серед радіонуклідів, які потрапили в навколишнє середовище в наслідок аварії на Чорнобильській АЕС високу небезпеку представляє цезій-137 із-за постійного переміщення в системі ґрунт – рослина – продукція рослинництва – організм людини.

Встановлено, що радіоактивне забруднення навколишнього природного середовища призводить до порушень центральної нервової системи. Виявлено також, що психічні розлади у населення, яке мешкає на цих територіях, викликають захворювання організму травлення, водночас необхідно відмітити збільшення кількості хронічних захворювань. Відомо, що на забруднених радіонуклідами територіях спостерігається високий рівень захворювань дітей. Велику частку займають хвороби органів дихання.

Встановлено, що забруднення ґрунту радіонуклідами до 5 Кі/км² підвищує загальний стан імунітету у тварин, а при 10 Кі/км², навпаки, він знижується.

Дослідження імунної системи свідчать, що в результаті опромінення, в першу чергу, пошкоджуються захисні функції клітин. Передусім пошкоджуються його біологічно важливій структури, зникають лімфоїдні клітини, що є свідченням їх імунodefіциту.

Метою досліджень було виявлення вмісту цезію-137 у дерново-опідзоленому піщаному ґрунті присадибних територій за різного напрямку їх використання (рілля, багаторічні посіви трав та перелоги).

Виявлено помітну різницю між цезієм-137 у ґрунтах присадибних ділянок за різного їх використання протягом 37 років. Встановлено, що в межах окремої ділянки присадибної території найнижчий вміст цезію-137 спостерігається у ґрунтах ріллі на яких протягом 37 років вирощували картоплю, моркву, столовий буряк, капусту, цибулю та ін. порівняно вищий у 1,13 рази у ґрунтах багаторічних трав та 1,5 рази у ґрунтах перелогу.

Ключові слова: цезій-137, ґрунт, переліг, рілля, багаторічні трави, забруднення, фіто-ремедіація, присадибні території.

Didur I.M., Pantsyreva G.V., Alekseev O.O., Priymak Yu.S., Mishchenko B.D. Radiological assessment of sod-podzolic sandy soil of homesteads after the 37-year period of the accident at the Chernobyl NPP

The accident at the Chornobyl NPP led to the withdrawal from production of a certain area of agricultural land, including urbanized areas within which the population grew plant products for their own needs. Despite that, some homestead territories of settlements during the period from 1996 to the present have been used for the cultivation of agricultural crops for the population's own needs.

The purpose of the research was to detect the content of cesium-137 in the sod-podzolic sandy soil of homestead territories under different directions of their use (arable land, perennial crops of herbs and fallow).

It has been established that radioactive pollution of the natural environment leads to disorders of the central nervous system. It was also found that mental disorders in the population living in these territories cause diseases of the digestive organs, at the same time, it is necessary to note the increase in the number of chronic diseases. It is known that there is a high level of children's diseases in areas contaminated with radionuclides. A large share is occupied by diseases of the respiratory organs.

It has been established that soil contamination with radionuclides up to 5 Ki/km² increases the general state of immunity in animals, and at 10 Ki/km², on the contrary, it decreases.

Studies of the immune system show that as a result of irradiation, primarily, the protective functions of cells are damaged. First of all, its biologically important structures are damaged, lymphoid cells disappear, which is evidence of their immunodeficiency.

A noticeable difference between cesium-137 in the soils of homesteads due to their different use over 37 years was revealed. It was established that the lowest content of cesium-137 within a separate plot of homestead territory is observed in arable land where potatoes, carrots, table beets, cabbage, onions, etc. were grown for 37 years. It is comparatively higher by 1.13 times in perennial grass soils and 1.5 times in fallow soils.

Key words: cesium-137, soil, fallow, arable, perennial grasses, pollution, phytoremediation, homestead territories.

Постановка проблеми. Техногенна катастрофа на Чорнобильській АЕС стала одним з найбільших викликів людства 20 століття, як наслідок було забруднено близько 145 тис км² нашої планети радіонуклідами, з яких 9% припало на сільськогосподарські угіддя України. Щільність забруднення по цезію-137 досягла 37 кБк/м² і вище [6].

Радіонукліди, що потрапили в навколишнє середовище, набули різних фізико-хімічних форм, включаючи аерозолі, гідрозолі та частинки, адсорбовані на різних матеріалах [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує дві основні групи факторів, які змінюють рухливість і біодоступність радіонуклідів з часом. Перша – це ті, що викликають так зване «старіння» радіонуклідів. Суть старіння полягає у зменшенні рухливості в ґрунті з часом в наслідок дифузії в кристалічну структуру мінералів, утворення різних комплексних сполук та агрегації частинок у більші. Зміни радіонуклідів цезію з часом добре відомі і призводять до поступового зменшення їх доступності для поглинання рослинами через коріння.

Під впливом другого фактору рухливість і біодоступність радіонуклідів може, навпаки, зростати. Наприклад, грубі частинки в ґрунті під впливом води, кисню і діяльності мікрофлори з часом руйнуються і перетворюються на дрібні частинки радіонуклідів, їх склад і переходять з важкодоступних форм у більш доступні, які добре розчиняються в ґрунтовому розчині і швидко поглинаються рослинами [2].

Поведінка і біодоступність радіонуклідів у ґрунті дуже сильно залежить від їхніх хімічних властивостей, які визначають їхню адсорбційну здатність і формують комплексні сполуки, недоступні для рослин [4]. Наприклад, чим вищий заряд іона, тим сильніше він адсорбується ґрунтом і тим стійкіші сполуки він утворює з органічною речовиною.

Слід також зазначити, що накопичення радіонуклідів рослинами водному і тому ж типі ґрунту може відрізнитися на порядки залежно від кількості глинистих частинок діаметром менше 0,001 мм. Продукти розпаду радіонуклідів найсильніше утримуються в мулистій фракції ґрунту. Дрібно-дисперсні глинисті та мулисті фракції ґрунту також багаті на мінерали монтморилоніт, слюду та слюдяний водень, які належать до тришарових мінералів з високою поглинальною здатністю.

Дрібно-дисперсні пилуваті та мулисті частинки високо-дисперсної фракції ґрунту також містять найбільшу кількість органічної речовини, яка також має значний вплив на перенесення радіонуклідів. Перехід радіонуклідів до рослин зменшується зі збільшенням вмісту гумусу в ґрунті. Це пояснюється тим, що гумінові та фульвокислоти в гумусових ґрунтах не тільки мають високу здатність поглинати і утримувати радіонукліди, але й утворюють з ними комплексні сполуки, що ускладнює їх надходження до рослин.

Торф'яні ґрунти містять дуже велику кількість органічної речовини (до 90%). Однак, в основному, це напіврозкладені рослинні залишки і містять мало гумусу. Кількість мінеральних речовин торф'яних ґрунтах, у тому числі дрібно-дисперсних, незначна [7]. Кількість обмінних катіонів також низька. Тому поглинальна здатність торф'яних ґрунтів низька, а їхня здатність утримувати радіонукліди відносно низька.

Реакції ґрунтового розчину по-різному впливають на міграцію радіонуклідів: для більшості радіонуклідів, включаючи ^{90}Sr і ^{137}Cs , підвищується кислотність, зменшується фіксація в ґрунті, підвищується рухливість і збільшується поглинання рослинами [3].

Вміст обмінного кальцію, який характеризує так званий «карбонатний» вміст ґрунтів, має дуже значний вплив на міграцію і доступність радіонуклідів у ґрунтах. У багатьох ґрунтах, переважно в районах з недостатнім зволоженням, вміст карбонатів значно вищий. Зі збільшенням вмісту карбонатів поглинання ^{90}Sr з ґрунту в рослини зменшується [1].

Радіоактивні частинки, що досягають поверхні ґрунту, залучаються до процесу вертикальної міграції в більшій глибині ґрунту, що має велике значення. В результаті знижується потужність дози опромінення над поверхнею ґрунту і зменшується вторинне перенесення вітром і поверхневими водами. Водночас значно змінюється кількість радіонуклідів, що потрапляють у рослини та мігрують у ґрунтові води. Швидкість вертикальної міграції радіонуклідів у ґрунті значною мірою визначається вищезгаданими властивостями радіонуклідів, механічним і мінералогічним складом ґрунту та властивостями пестицидів. Однак, головним чином, на неї впливають опади [5].

Погодно-кліматичні умови мають значний вплив на горизонтальну міграцію радіонуклідів (рух по поверхні ґрунту). Якщо влітку і восени випадають рясні опади, радіонукліди можуть вимиватися у великих кількостях з водозборів у водойми, забруднюючи річки, озера і водосховища як джерела питної води і води для зрошення. Подібна ситуація може виникнути, якщо взимку випадає товстий сніговий покрив, а навесні різко підвищується температура. У цьому випадку сніг швидко тоне і опади з меншою ймовірністю просочуються в замерзлий ґрунт, що збільшує міграцію радіонуклідів на поверхню землі.

Обробіток ґрунту також має значний вплив на міграцію радіонуклідів у ґрунті. У пасовищних і лугових ґрунтах спостерігається повільна міграція ^{137}Cs вздовж горизонтального профілю верхнього родючого шару ґрунту. При розорюванні

верхніх шарів ґрунту спостерігається глибока міграція цезію-137 в межах ґрунтових горизонтів. Вплив фітореMediaції на зміни вмісту ^{137}Cs у ґрунті є значним [1].

Рослини також перешкоджають вітру, дощу і ґрунтовим водам переносити забруднюючі речовини на прилеглі до забруднених ділянок території або переміщувати їх глибше в ґрунт [6].

В ході застосування методу фітореMediaції використовуються природні процеси, що відбуваються в рослині, цей метод не вимагає використання додаткового обладнання і трудових ресурсів, так як основну роботу виконують самі рослини. Також для очищення території за допомогою цього методу не потрібно розкопувати і вивозити ґрунт, відкачувати ґрунтові води, а це економить енергію.

На сьогоднішній час високий інтерес як для науки так і практики представляє вплив фітореMediaції ґрунтів за вирощування сільськогосподарських культур в умовах присадибних територій (агро-селитебних зон). В умовах північного Полісся після аварії на Чорнобильській АЕС частина ґрунтів агро-селитебних зон залишена без використання (переліг), а частина використовувалася під вирощування переважно овочевих культур та багаторічних трав. За таких умов відбувається різна інтенсивність винесення цезію-137 з урожаєм. Виходячи з цього виникає потреба у вивченні ефективності фактичного зниження вмісту цезію-137 у ґрунті присадибних ділянок за вирощування сільськогосподарських культур для прогнозування якості їх продукції.

Матеріали та методика досліджень. Вивчення зміни питомої активності цезію-137 у ґрунтах перелого та ріллі присадибних ділянок проводили в умовах Полісся м. Коростень, Житомирської області на дерново-опідзолених піщаних ґрунтах у 2023 році.

Метою даного дослідження було вивчення впливу вирощування сільськогосподарських культур (картопля, морква, столовий буряк, цибуля, помідори, огірки) на протязі 38 років в умовах присадибних ділянок (агро-селитебні зони) на зміни питомої активності цезію-137 у дерново-опідзоленому ґрунті.

В досліді були задіяні ґрунти перелого та ріллі присадибних ділянок (переліг, рілля, багаторічні злакові трави). Перелоги включають ґрунти присадибних територій, які після 1996 року не використовували під вирощування рослинної продукції та ріллю, яку впродовж даного періоду використовувались під вирощування переважно картоплі, столових буряків, моркви, капусти, цибулі та огірків.

Дослідження проводили в п'яти варіантах з чотирьох-разовою повторністю.

Вивчення вертикального проникання цезію-137 в ґрунтах перелого та ріллі та багаторічних посівах трав проводили за фактичним вмістом даного радіонукліду у 10 см, 20 см та 30 см прошарку ґрунту.

Обробіток ґрунтів включав дискування, оранку – 22-24 см та культивуацію.

Відбір ґрунтів для радіологічних досліджень проводили методом конверту після їх механічного обробітку.

Біометричну обробку отриманих результатів досліджень проводили з урахуванням середнього арифметичного значення (M), середнього квадратичного відхилення (m) та достовірності різниці середніх значень (критерії P). Для позначення ймовірності в таблицях використовуються умовні позначення: $P < 0,05^*$; $P < 0,01^{**}$; $P < 0,001^{***}$.

Результати досліджень. Надходження цезію-137 у поверхневий прошарок ґрунту з часом призводить до певного переміщення його як по горизонталі так і по вертикалі. Відомо, що на даний час цезій-137 на луках і пасовищах проник на глибину від 8 см до 10 см, а орних землях до 22-25 см.

За результатами наших досліджень (табл. 1) встановлено, певну тенденцію щодо вертикального розподілу цезію-137 в ґрунтах присадибних ділянок за різного їх використання.

Таблиця 1
Вертикальний розподіл цезію-137 у ґрунтах присадибних ділянок, Кі/км²
(n=4, M±m)

Варіанти дослідіу	Переліг			Рілля			Багаторічні посіви трав		
	0-10 см	10-20 см	20-30 см	0-10 см	10-20 см	20-30 см	0-10 см	10-20 см	20-30 см
I	4,21	1,24	0,37	2,03	2,56	2,49	3,41	1,28	0,27
II	4,78	1,27	0,41	2,09	2,21	2,12	3,17	1,11	0,20
III	4,32	1,71	0,32	2,01	2,19	2,07	3,44	1,31	0,17
IV	4,10	1,62	0,51	2,11	2,27	2,03	3,52	1,21	0,22
V	4,80	1,77	0,17	2,12	2,31	2,07	3,48	1,15	0,31
В середньому по ґрунтах	4,44 ± 0,29	1,52 ± 0,22	0,35 ± 0,11	2,07 ± 0,04	2,30 ± 0,13	2,15 ± 0,17	3,40 ± 0,12	1,21 ± 0,08	0,23 ± 0,05

За результатом досліджень встановлено, що найвища питома активність цезію-137 в умовах перелігу спостерігалась у 10 см прошарку ґрунту, яка склала 4,44 Бк/кг. Тоді як у 10-20 см прошарку ґрунту вміст даного радіонукліду був нижчий у 2,92 рази, а у 20-30 см у 12,6 рази. Тобто найвища кількість цезію-137 в дерново-опідзоленому піщаному ґрунті перелігу спостерігалась у верхньому 10 см прошарку ґрунту.

У ґрунтах ріллі суттєвих змін по питомій активності цезію-137 у 30 см прошарку ґрунту не спостерігалось. Зокрема, різниця у питомій активності цезію-137 у ґрунтах ріллі салітебних зон між 10 см, 20 см та 30 см прошарках ґрунту склала лише від 3,8% до 11,1%.

Аналіз результатів досліджень (табл. 2) показує, що вміст цезію-137 у ґрунтах ріллі був нижчий на 1,24 Кі/км² порівняно з ґрунтами перелігу. Тобто за вирощування овочевих культур на дерново-опідзоленому піщаному ґрунті присадибних ділянок протягом 38 років питома активність цезію-137 знизилась на 37% порівняно з перелігом цих же територій.

За результатом досліджень (табл. 3) виявлено що за вирощування багаторічних трав в умовах присадибних ділянок спостерігалось зниження вмісту цезію-137 на 28,3% порівняно з перелігом в умовах якого не проводилось видалення з його територій урожаю. Тобто, щорічне вегетативної маси злакових трав з перелігів відобразилось певною мірою на вмісті цезію-137 у ґрунтах присадибних ділянок в умовах урбанізованих територій.

Аналіз інтенсивності забруднення дерново-опідзоленого піщаного ґрунту цезієм-137 (рис. 1) показує що в умовах агро-селітебних територій на присадибних ділянках найнижчий вміст цезію-137 спостерігався у ріллі за вирощування на ній переважно овочевих культур.

Таблиця 2

Вміст цезію-137 у механічно оброблених ґрунтах, Кі/км²

Варіант досліді	Переліг				В середньому по повторностях	В середньому по варіанті (переліг)	Рілля				В середньому по повторностях	В середньому по варіантам (рілля)
	I	II	III	IV			I	II	III	IV		
I	3,73	3,54	3,72	3,61	3,65 ± 0,08	3,35 ± 0,16	2,05	2,15	2,02	2,11	2,08 ± 0,05	2,11 ± 0,03
II	3,14	3,20	3,31	3,46	3,27 ± 0,12		2,13	2,08	2,23	2,15	2,14 ± 0,05	
III	3,42	3,14	3,18	3,08	3,20 ± 0,13		2,02	2,08	2,15	2,12	2,09 ± 0,05	
IV	3,50	3,10	3,30	3,56	3,36 ± 0,18		2,13	2,10	2,18	2,05	2,11 ± 0,05	
V	3,24	3,17	3,30	3,46	3,29 ± 0,11		2,15	2,20	2,24	2,09	2,17 ± 0,06	

Таблиця 3

Вміст цезію-137 у механічно оброблених ґрунтах, Кі/км²

Варіант досліді	Переліг				В середньому по повторностях	В середньому по варіантах	Багаторічні злакові трави				В середньому по повторностях	В середньому по варіантах
	I	II	III	IV			I	II	III	IV		
I	3,73	3,54	3,72	3,61	3,65 ± 0,08	3,35 ± 0,16	2,81	2,73	2,62	2,67	2,70 ± 0,07	2,4 ± 0,15
II	3,14	3,20	3,31	3,46	3,27 ± 0,12		2,41	2,38	2,22	2,31	2,33 ± 0,07	
III	3,42	3,14	3,18	3,08	3,20 ± 0,13		2,41	2,70	2,62	2,41	2,53 ± 0,13	
IV	3,50	3,10	3,30	3,56	3,36 ± 0,18		2,62	2,22	2,31	2,40	2,38 ± 0,15	
V	3,24	3,17	3,30	3,46	3,29 ± 0,11		2,41	2,37	2,27	2,16	2,30 ± 0,10	

Даний показник склав 2,11 Кі/км² тоді як в умовах перелогів він був вищим у 1,5 рази, а багаторічних посівів трав 1,13 рази відповідно.

Висновки. За результатом радіологічної оцінки виявлено певний вплив різного використання дерново-опідзоленого піщаного ґрунту в умовах присадибних ділянок (м. Коростень) на вміст в ньому цезію-137 за 37-річного періоду від аварії на Чорнобильській АЕС.

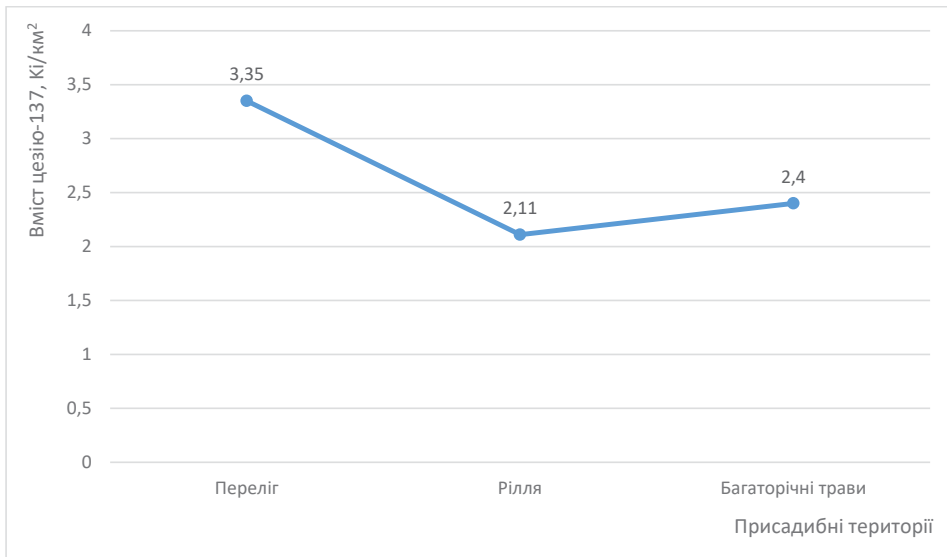


Рис. 1. Інтенсивність зниження вмісту цезію-137 в ґрунтах присадибних територій за різного їх використання

Найнижчий вміст цезію-137, який склав 2,11 Кі/км² виявлено у ґрунті присадибних ділянок на яких вирощували переважно овочеві культури (картопля, столовий буряк, морква, цибуля, капуста), тоді як в ґрунтах перелугу і багаторічних посівів трав даний показник був вищим у 1,5 рази та 1,13 рази відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гудков І.М. Становлення сільськогосподарської радіоекології в Україні: етапи розвитку, досягнення, проблеми, перспективи. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 58-67.
2. Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. Радіоекологічний моніторинг: навчальний посібник. Київ. 2018. 194 с.
3. Краснов В.П., Курбет Т.В., Шелест З.М., Бойко О.Л. Розподіл ¹³⁷Cs у дерново-підзолистих ґрунтах лісів Полісся України. *Ядерна фізика та енергетика*. 2015. Т. 16 № 3. С. 247-253.
4. Мельник В.В. Сучасний вертикальний розподіл цезію-137 у ґрунтах свіжих бору та субору українського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 10. С. 71-75.
5. Пристер Б.С., Медведєв В.В., Патица В.П. Радіаційна безпека в сільському господарстві. Київ: Видавництво «Аграрна наука», 2016. 240 с.
6. Пристер Б.С., Перепелятнікова Л.В., Кашпаров В.О., Лазарев М.М. Проблеми сільськогосподарської радіології через 15 років після аварії на ЧАЕС. *Науковий вісник національного аграрного університету*. 2017. № 45. С. 142-145.
7. Разанов С.Ф. Розподіл радіонуклідів у вертикальному ґрунтовому профілі медоносних угідь. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2013. Вип. 10 (105). С. 85-88.
8. Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О. Сільськогосподарська радіоекологія. Підручник. Київ. Видавництво Ліра-К. 2017. 268 с.