

УДК 351.733:636.8+504.054 (477.41/42)

**В. А. Полінкевич**

к. с.-г. н.

**А. В. Катковський**

к. п. н.

**О. А. Саюк**

к. с.-г. н.

Житомирський національний агроекологічний університет

### **РАДІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОДУКЦІЇ ЛІСУ В МЕЖАХ ПІВНІЧНИХ РАЙОНІВ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

*У статті розкриваються питання радіоекологічної ситуації щодо забрудненості продуктів харчування лісових фітоценозів радіоактивними елементами. Встановлено, що вміст радіонуклідів у відібраних зразках свіжих грибів перевищував допустимі рівні на 146 %. Зважаючи на те, що у добовому раціоні населення споживання грибів*

---

© В. А. Полінкевич, А. В. Катковський, О. А. Саюк

невелике, однак, через високий вміст радіонуклідів, вони займають вагому частку у формуванні дози внутрішнього опромінення людини. Головний внесок у радіоактивне забруднення проаналізованої харчової продукції лісу зумовлював  $^{137}\text{Cs}$ , а гриби можуть бути біологічними індикаторами радіоактивно забрудненої території. У зв'язку з тим, що найближчим часом не слід очікувати на різке зменшення забрудненості «дарів лісу», зокрема грибів, орієнтуватися у забрудненні лісової продукції доцільно по  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$ .

**Ключові слова:** радіонукліди, активність, щільність забруднення, радіоцезій, макроміцети.

### Постановка проблеми

Після найстрашнішої техногенної аварії в історії людства – катастрофи на ЧАЕС – минуло майже три десятиліття, однак, проблеми, породжені нею, продовжують свою шкідливу дію, залишаючись, по суті, не розв'язаними. Викид радіоактивних речовин спричинив забруднення понад 145 тис км<sup>2</sup> території України, Республіки Білорусь та Російської Федерації, щільність забруднення радіонуклідами  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  якої перевищує 37 кБк/м<sup>2</sup>. Поряд з короткоживучими радіонуклідами в навколишнє середовище потрапили у великій кількості довгоживучі, які згубно впливають на екологію довкілля [4, 6, 8].

У лісах поліського регіону розповсюджені різні види їстівних грибів, а їх висока врожайність та традиційне використання в їжу місцевим населенням, без попереднього проведення дозиметричного контролю, обумовлює надходження радіонуклідів до організму людини та збільшує річну сумарну ефективну дозу опромінення.

Виходячи з цього постає важлива проблема забезпечення радіаційної безпеки населення, яке проживає на забруднених територіях. Ця проблема значно загострюється в поліському регіоні у зв'язку з несприятливими в радіоекологічному відношенні природними умовами, зокрема типові для зони ґрунти мають набір властивостей, кожна з яких окремо підвищує доступність радіонуклідів рослинам (легкий гранулометричний склад, низька гумусність, невисокі сорбційна здатність і ємність поглинання, кисла реакція ґрунтового розчину тощо), [2].

Проведення радіаційного моніторингу навколишнього середовища визначено як один з основних напрямів діяльності в Законі України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» [9].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Раніше було встановлено, що гриби акумулюють у 10 разів більше мікро- та макроелементів (в т. ч. радіонуклідів), ніж рослини. Після аварії на ЧАЕС упродовж перших трьох років у Європі середній вміст  $^{137}\text{Cs}$  у грибах був вищим, ніж у мохах та лишайниках [8] та від 5 до 270 разів вищим, ніж у судинних рослинах [7]. Це співвідношення зберігається і донині у віддалений період після аварії.

Отже, з одного боку, інтенсивність поглинання радіонуклідів цезію з ґрунту грибами вища, ніж судинними рослинами, причому макроміцети поглинають цезій-137 інтенсивніше, ніж калій [9]. З іншого боку, після аварії на ЧАЕС дослідженнями, проведеними на території Європи, доведено, що гриби нездатні в значних кількостях накопичувати  $^{90}\text{Sr}$  та трансуранові радіонукліди, а також інші штучні радіонукліди. Тому гриби було визнано абсолютними концентраторами  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах [5].

Оскільки накопичення цезію-137 грибами зумовлено метаболічними процесами, це уможливує їх використання як біоіндикаторів радіоактивного забруднення лісових екосистем.

Численними дослідженнями накопичення макроміцетами  $^{137}\text{Cs}$ , що потрапив у навколишнє середовище внаслідок аварії на ЧАЕС, доведено, що вміст  $^{137}\text{Cs}$  в грибах змінюється у широких межах. Це пов'язано з впливом таких факторів:

- щільність забруднення ґрунту цезієм-137;
- тип первинного забруднення (паливний або конденсаційний компонент);
- належність до різних екологічних груп: мікоризоутворювачі (симбіотрофи), сапротрофи, ксилотрофи;
- глибина розташування основної частини міцелію в ґрунті;
- екологічні умови зростання.

На рівень накопичення  $^{137}\text{Cs}$  грибами безпосередньо впливає щільність поверхневого забруднення ґрунтів або питома активність у них  $^{137}\text{Cs}$ . Дослідженнями, проведеними після аварії на ЧАЕС, доведено пропорційну залежність вмісту цього радіонукліда в грибах різних видів від щільності поверхневого забруднення території [2, 7].

#### **Мета, завдання та методика досліджень**

Дослідження проводились у 2012 р. на території лісових масивів, розташованих поблизу сіл Купеч, Межирічка, Зубівщина, Берестовець і Барди Коростенського району Житомирської області в II – IV зонах радіоактивного забруднення на дерново-підзолистих і торфово-болотних ґрунтах.

Об'єктом досліджень є процеси накопичення радіонуклідів у плодкових тілах грибів, які відрізняються ботанічними і біологічними особливостями та ступенем радіоактивного забруднення ґрунту.

Спектральний аналіз ґрунту і макроміцетів проводився згідно з методикою, викладеною в роботі [1], на гама-спектрометрі СЕГ – 05 на базі Інституту сільського господарства Полісся НААН України.

#### **Результати досліджень**

Територія проведення радіологічного моніторингу забруднення місцевості  $^{137}\text{Cs}$  має значну строкатість та локальні зони. В межах одного контуру землекористування, у окремих випадках, спостерігається контрастність по забрудненню верхнього шару ґрунту, що сягає 1,5–2 рази.

Порівняльне накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у плодових тілах грибів різних лісових екосистем Коростенського району показано у таблиці 1. За усередненими даними забрудненість лісових грибів  $^{137}\text{Cs}$  досягає 1230 Бк/кг, що перевищує допустимий рівень на 146 %. Максимальне значення забруднення перевищує мінімальне у понад 80 разів.

Таблиця 1. Питома активність радіонуклідів у свіжих грибах, що зростають поблизу окремих населених пунктів Коростенського району, Бк/кг, 2012 рік

Населений пункт	Назва гриба	Питома активність радіонуклідів, Бк/кг			
		$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$
1	2	3	4	5	6
с. Купеч, n=12	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	373±25,0	185±12,8	83,6±5,9	18,5±1,2
	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	951±63,7	145±10,0	37,8±2,6	11,1±0,7
	Бабка темна (підберезник) ( <i>Leccinum scabrum</i> )	440±29,5	618±42,6	49,2±3,4	65,1±4,4
	Груздь ( <i>Lactarius necator</i> )	1360±91,1	711±49,1	72,6±5,1	76,5±5,1
	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	360±24,1	691±47,7	67,1±4,7	44,7±3,0
	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	1240±83,1	650±44,9	110,0±7,7	41,1±2,8
с. Межирічка, n=6	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	2630±176,2	212±14,6	106,0±7,4	34,2±2,3
	Бабка темна (підберезник) ( <i>Leccinum scabrum</i> )	2580±172,9	282±19,5	62,1±4,3	26,5±1,8
	Бабка темна (підберезник) ( <i>Leccinum scabrum</i> )	897±60,1	486±33,5	52,4±3,7	51,2±3,4

Продовження таблиці 1

1	2	4	5	5	6
с. Зубівщина, n=15	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	339±22,7	313±21,6	91,3±6,4	31,5±2,1
	Печериця лучна ( <i>Agaricus campestris</i> )	46,8±3,1	590±40,7	71,0±5,0	63,4±4,2
	Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> )	106±7,1	396±27,3	63,3±4,4	56,1±3,8
	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	521±34,9	493±34,0	147,0±10,3	38,3±2,6
	Сироїжка (молода) ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	159±10,7	457±31,5	51,5±3,6	43,6±2,9
	Сироїжка (стара) ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	795±53,3	1750±120,8	231,0±16,2	176,0±11,8
	Маслюк звичайний (старий) ( <i>Suillus luteus</i> )	500±33,5	458±31,6	72,3±5,1	64,7±4,3
	Маслюк звичайний (молодий) ( <i>Suillus luteus</i> )	900±60,3	440±30,4	114,0±8,0	47,8±3,2
с. Берестовець, n=12	Опеньок осінній ( <i>Marasmius oreades</i> )	444±29,7	416±28,7	73,9±5,2	35,1±2,4
	Боровик білий ( <i>Boletus edulis</i> )	561±37,6	373±25,7	38,8±2,7	21,6±1,4
	Сироїжка ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	2213±148,3	1050±72,5	101,0±7,1	77,2±5,2
	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	1913±128,2	1250±86,3	162,0±11,3	91,1±6,1
	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	3193±213,9	338±23,3	129,0±9,0	38,2±2,6
	Сироїжка ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	2770±185,6	1460±100,7	257,0±18,0	105,0±7,0

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
с. Барди, n=8	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	1823±122,1	1060±73,1	106,0±7,4	105,0±7,0
	Сироїжка ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	1273±85,3	481±33,2	58,7±4,1	32,0±2,1
	Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> )	1843±123,5	346±23,9	102,0±7,1	85,7±5,7
	Опеньок осінній ( <i>Marasmius oreades</i> )	441±29,5	351±24,2	65,1±4,6	56,9±3,8
	Груздь ( <i>Lactarius necator</i> )	3780±253,3	1080±74,5	100,0±7,0	57,8±3,9

Встановлено, що лісові екосистеми навіть у віддалений період після аварії залишаються критичними щодо акумулювання і міграції аварійних радіонуклідів і продуктів їх розпаду, а гриби є одними із основних дозоутворювачів, які формують дозу внутрішнього опромінення населення як Коростенського району, так і всього Поліського регіону, територія якого піддалася радіоактивному забрудненню.

Визначено, що у плодкових тілах макроміцетів усіх досліджуваних видів найбільше накопичується  $^{137}\text{Cs}$ . Порівняно з ним гриби концентрують вдвічі менше легкого природного радіонукліда  $^{40}\text{K}$  та у 13 і 22 рази відповідно менше важких природних радіонуклідів  $^{226}\text{Ra}$  і  $^{232}\text{Th}$ .

Таким чином, у зв'язку з тим, що найближчим часом не слід очікувати на різке зменшення забрудненості «дарів лісу», зокрема грибів, орієнтуватися у рівні забруднення лісової продукції доцільно по  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$ . До речі, у деяких випадках, на окремих територіях, питома активність калію-40 перевищує показники по цезію-137. На нашу думку, це менше пов'язано із біологічними особливостями грибів чи належності до тієї чи іншої екологічної групи, а більше із підвищеним вмістом  $^{40}\text{K}$  у ґрунті в межах певного ареалу. Відмічена середня кореляційна залежність (0,3) між питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$  у плодкових тілах грибів. Динаміка питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$  у макроміцетах свідчить, що належність грибів до різних екологічних груп впливає на накопичення радіонуклідів у плодкових тілах, які зростають на одній території. Так, наприклад, опеньок осінній справжній, який належить до ксилотрофів і живиться за рахунок рослини-хазяїна, накопичує  $^{137}\text{Cs}$  у 3 рази менше, ніж сироїжка, у 4,1–4,2 рази менше, ніж польський та білий гриби та у 8,6 рази менше, ніж груздь.

Максимальними коефіцієнтами переходу цезію-137 характеризуються макроміцети, що зростають у межах лісових масивів, розташованих поблизу сіл Межирічка і Барди. В розрізі окремих видів макроміцетів максимальними коефіцієнтами переходу характеризується польський гриб (*Xerocomus badius*), а мінімальними – печериця лучна (*Agaricus campestris*) та білий гриб (*Boletus edulis*) (табл. 2).

Таблиця 2. Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у плодові тіла грибів, що зростають поблизу окремих населених пунктів Коростенського району

Населений пункт	Назва гриба	Коефіцієнт переходу $^{137}\text{Cs}$
с. Купеч, n=12	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	2,65
	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	6,76
	Бабка темна (підберезник) ( <i>Leccinum scabrum</i> )	3,13
	Груздь ( <i>Lactarius necator</i> )	9,67
	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	2,56
	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	8,82
с. Межирічка, n=6	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	47,39
	Бабка темна (підберезник) ( <i>Leccinum scabrum</i> )	46,49
	Бабка темна (підберезник) ( <i>Leccinum scabrum</i> )	16,16
с. Зубівщина, n=15	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	4,36
	Печериця лучна ( <i>Agaricus campestris</i> )	0,60
	Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> )	1,36
	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	6,71
	Сироїжка (молода) ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	2,05
	Сироїжка (стара) ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	10,23
	Маслюк звичайний (старий) ( <i>Suillus luteus</i> )	6,44
Маслюк звичайний (молодий) ( <i>Suillus luteus</i> )	11,58	
с. Берестовець, n=12	Опеньок осінній ( <i>Marasmius oreades</i> )	3,33
	Боровик білий ( <i>Boletus edulis</i> )	4,21
	Сироїжка ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	16,61
	Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> )	14,36
	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	23,97
	Сироїжка ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	20,80
с. Барди, n=8	Польський гриб ( <i>Xerocomus badius</i> )	37,90
	Сироїжка ( <i>Russula cyanoxantha</i> )	26,47
	Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> )	38,32
	Опеньок осінній ( <i>Marasmius oreades</i> )	9,17
	Груздь ( <i>Lactarius necator</i> )	78,59

У інших умовах зростання, зокрема с. Берестовець Коростенського району ситуація аналогічна відносно накопичення ксилотрофами радіонуклідів. Питома

активність  $^{137}\text{Cs}$  в опенька осіннього знаходилася на рівні 444 Бк/кг, що нижче за гранично допустимий рівень (ДР–500 Бк/кг сирої маси) та в 1,3 раза менше, ніж у білого гриба, в 4,3 менше, ніж у маслока, в 5 разів менше порівняно з сиріожкою та в 7,2 порівняно з польським грибом. До біоіндикаторів щільності забруднення ґрунту можна віднести польського гриба, сиріожку та маслока.

У грибах, зібраних біля с. Зубівщина, де щільність забруднення ґрунту до 37 кБк/м<sup>2</sup>, перевищення допустимого рівня у плодкових тілах відмічено у польського гриба та маслока звичайного (на 4 та 18 % відповідно). Слід зазначити, в більшості макроміцетів, зібраних у межах цієї території, активність  $^{40}\text{K}$  була вищою порівняно з активністю  $^{137}\text{Cs}$  або прирівнювалася до цього показника. Це, на нашу думку, безпосередньо пов'язане з тим, що на даній території був склад мінеральних добрив, який наразі зруйнований, а агрохімікати, насамперед азотні мінеральні добрива, що зберігалися там, потрапили у навколишнє середовище.

Найменший вміст цезію-137 відмічено у печериці (біля 50 Бк/кг), яка відноситься до макроміцетів, що споживають органічні рештки відмерлих рослин (сапротрофи). У решти грибів, які належать до групи симбіотрофів (мікоризоутворювачів), питома активність  $^{137}\text{Cs}$  була більшою у білого гриба у 2,3 раза, у сиріожки звичайної – у 10,1 раза, у польського гриба – у 11,1 та у маслока звичайного – у 12,4 раза. Слід зазначити, що для територій з однаковими рівнем забруднення радіонуклідами та екологічними умовами зростання одним із чинників розходження у накопиченні радіонуклідів грибами є належність їх до різних екологічних груп та особливості розвитку макроміцетів різних видів, які належать до однієї екологічної групи. До біоіндикаторів щільності забруднення ґрунту можна віднести маслока звичайного, польського гриба та сиріожку.

В інших екологічних умовах зростання (с. Купеч Коростенського району) були відібрані плодкові тіла грибів, які відносяться тільки до симбіотрофів, тобто до тих грибів, які пов'язані з вищими рослинами симбіозом. Порівняльна характеристика цієї групи грибів показала, що найменше накопичував цезій-137 підберезовик (440 Бк/кг), у маслока питома активність цього радіонукліда збільшувалася у 2,2 раза, у польського гриба у 2,8 раза та у хряща-молочника – у 3,1 раза. У цьому випадку до біоіндикаторів щільності забруднення ґрунту можна віднести груздя, польського гриба та, меншою мірою, маслока звичайного.

За середньозваженими показниками питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у плодкових тілах макроміцетів, що відносяться до симбіотрофів, найбільш виділяються польський гриб – активність 3193 Бк/кг сирої маси, сиріожка звичайна і маслок звичайний. У міру зниження забрудненості ґрунту лісових екоценозів у 1,8-4,7 раза знижується забрудненість лісових грибів, що важливо враховувати при розробленні рекомендацій з використання продукції лісу населенням прилеглих територій. За даними забрудненості макроміцетів  $^{137}\text{Cs}$  в екологічних умовах Коростенського району біоіндикатором щільності забруднення ґрунту можна вважати польський гриб, меншою мірою сиріожку і маслока звичайного.



### Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Забрудненість плодових тіл дикорослих лісових грибів складає в середньому 1230 Бк/кг, що перевищує встановлений допустимий рівень на 146 %, коливаючись від 47 до 3780 Бк/кг. 2. Питома активність радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$  у макроміцетах показує, що належність грибів до різних екологічних груп впливає на накопичення радіонуклідів у їх плодових тілах, які зростають на одній території. 3. Продукція лісових фітоценозів, навіть за незначної частки їх у раціоні людини, є однією із основних у формуванні дози внутрішнього опромінення населення як прилеглих територій, так і частини населення України, яке вживає ці продукти у їжу через неконтрольоване вивезення їх із радіоактивно забруднених територій. 4. Для зниження рівня надходження радіонуклідів до організму людини необхідно посилювати радіологічний контроль продукції лісу перед реалізацією та споживанням, а також інформувати населення про ймовірну загрозу для здоров'я через вживання радіоактивно забрудненої продукції лісу.

**Подальші дослідження** слід зосередити у напрямку розширення території моніторингових спостережень за рівнем радіоактивного забруднення дикорослої мікологічної продукції.

### Література

1. Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999–2002 рр. : метод. рекомендації / під кер. Б. С. Прістера, В. О. Кашпарова, П. П. Надточія [та ін.]. – К., 1998. – 103 с.
2. Радіаційний стан зони відчуження у 2002 році / В. В. Деревець, С. І. Кірсєв, С. М. Обрізан [та ін.] // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та безумовного відселення. – К. : Чорнобильінтернформ, 2003. – С. 3–33;
3. Прикладная радиоэкология леса / В. П. Краснов, А. А. Орлов, В. А. Бузун [та ін.]. – Житомир : Полісся, 2007. – 680 с.
4. Из опыта оптимальной организации сельскохозяйственного производства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, в условиях Украинского Полесья / С. М. Лундин, В. А. Кашпаров, Ю. А. Иванов [и др.] // Проблемы сельскохозяйственной радиологии: сб. науч. тр. / под ред. Н. А. Лоцилова. – К.: УНИИСХР, 1993. – Вып. 3. – С. 30–51.
5. Рекомендації по веденню сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України в результаті аварії на Чорнобильській АЕС на період 1996–1998 рр. / за ред. Б. С. Прістера, С. О. Ляценка. – К. : Нива, 1996. – 56 с.
6. Міграція радіонуклідів в ґрунті та їх перехід в рослини в зоні аварії на ЧАЕС / Б. С. Прістер [та ін.] // Ґрунтознавство. – 1992. – № 10. – 60–65 с.
7. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. С. Пристер [и др.] . – К. : Урожай, 1988. – 265 с.
8. Довідник для радіологічних служб Мінсільгосппроду України / УНДІСГР. – К. : Нора-прінт, 1997. – 175 с.