

УДК 574.4:546.36

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ ^{137}Cs ТА ^{90}Sr РІЗНИХ ЛАНОК ТРОФІЧНОГО ЛАНЦЮГА В УМОВАХ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ В ПІСЛЯЧОРНОБИЛЬСЬКИЙ ПЕРІОД

В.В. Борщенко,
С.П. Вербельчук,
Т.В. Вербельчук

Державна агроекологічна академія України, м. Житомир

Стаття присвячена узагальненню даних щодо забруднення різних ланок трофічного ланцюга ^{137}Cs та ^{90}Sr в умовах природних екосистем Полісся України. Протягом 1992–1997 років були зібрані зразки, які характеризують особливості міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr в трофічних ланцюгах (фітомаса природних пасовищ, молоко, продукти лісу; корми, гриби, проби м'яса та кісток косулі). Зразки відбирались у найбільш забруднених районах Житомирської області, які розташовані на відстані близько 80 км від Чорнобильської станції і характеризуються різними ступенями радіоактивних випадів.

Визначення найбільш критичних джерел надходження радіонуклідів в організм людини є важливим елементом безпечного проживання населення в умовах радіоактивного забруднення. Сільське населення підлягає більш інтенсивному внутрішньому опроміненню, оскільки споживає місцеві харчові продукти. Відомо, що більшість сільських жителів, одночасно з їх виробництвом у власних підсобних господарствах, інтенсивно використовують "дари природи" - збирає продукти для харчування з напівприродних екосистем: гриби, горіхи, ягоди, полюючи на лосів, кабанів, оленів, ловить прісноводну рибу в місцевих озерах і ріках. Роль та важливість таких продуктів, які надходять в раціон людини за рахунок напівприродних екосистем, у формуванні дози опромінення сільського населення до цих пір не повністю з'ясована та досліджена.

Оцінка доз внутрішнього опромінення населення передбачає використовувати в прогностичних моделях комплекс параметрів, а саме: щільність радіоактивних випадів, тип ґрунту, особливості надходження радіонуклідів у рослини, особливості харчування населення. Важливим також є різниця в поведінці ^{137}Cs та ^{90}Sr у навколишньому середовищі. Всі вищезазначені параметри мають істотне значення у радіоактивному забрудненні харчових продуктів та дозах, що отримує населення.

Завдання досліджень полягало у зборі експериментальних даних для їх подальшого використання при розрахунках доз внутрішнього опромінення людей, що проживають на територіях, забруднених радіонуклідами в результаті Чорнобильської катастрофи. Для реалізації мети досліджень ми планували вивчення таких питань: визначити коефіцієнти переходу ^{137}Cs в кормову базу косулі (різноманітні рослини лісових фітоценозів і грибів); визначити сезонну та річну динаміку накопичення ^{137}Cs м'язами косулі протягом різних років після аварії на ЧАЕС; визначити коефіцієнти переходу та агреговані коефіцієнти переходу ^{90}Sr в різні складові частини напівприродних екосистем: пасовищна трава, молоко корів, різні види лісової рослинності, гриби і м'ясо диких тварин.

Характеристика місцевості. Дослідження міграції радіонуклідів в природних фітоценозах проводилось протягом 1992-1997 років на стаціонарах, розміщених в Овруцькому та Народицькому районах Житомирської області.

Стаціонари в Овруцькому районі представлені лісовими угіддями, які знаходяться в зоні безумовного відселення на території сіл Колісники, Л.Романи, Деркачі, Журба. Середня щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs становила 140 КБк/м², а ^{90}Sr - 40 КБк/м².

Стаціонари в Народицькому районі представлені природними луками і розташовані в заплаві річки Уж в межах с. Христинівка. Середня щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs становила 740 КБк/м², а ^{90}Sr - 25 КБк/м².

Динаміка накопичення ^{137}Cs в продукції лісу. Зведені дані щодо динаміки накопичення ^{137}Cs лісовою фітомасою і грибами на стаціонарах Овруцького району протягом 1992 – 1997рр. наведені в таблиці 1.

Результати досліджень міграції ^{137}Cs в продукти та корми лісового походження за 6 річний період спостережень (1992-1997 рр.) свідчать, що значення коефіцієнтів переходу змінювались від 6 до 86 (Бк/кг сухої речовини фітомаси)/(КБк/м²) для річних пагонів і листя дерев, та від 99 до 156 (Бк/кг сухої речовини фітомаси)/(КБк/м²) для чагарників. Рівень забруднення грибів також змінювався в широких межах, головним чином залежно від їх виду.

Найбільш низьким накопиченням ^{137}Cs відрізнялись білі гриби та лисички (середні значення коефіцієнтів переходу для грибів становили відповідно 270 та 350 (Бк/кг)/(КБк/м²). Середні рівні акумуляції ^{137}Cs були характерні для сиріжок та свинушок: середні значення коефіцієнтів переходу відповідно становили 690 та 780 (Бк/кг)/(КБк/м²). Найбільш інтенсивно ^{137}Cs накопичувався в плодovому тілі польських грибів - 2370 (Бк/кг)/(КБк/м²). Розрахунки накопичення ^{137}Cs плодовими тілами грибів базувались на даних, отриманих при вимірюванні активності ^{137}Cs в сухій речовині грибів.

Таблиця 1.

Коефіцієнти переходу ^{137}Cs в кормові види рослин та гриби, (КП, Бк/кг сухої речовини)/
(кБк/м²)

Вид рослин	Рік	Коефіцієнт переходу	
		М	М
<i>Листя та пагони дерев</i>			
Дуб (Quercus robur)	1992	44	7
Дуб (Quercus robur)	1997	60,0	29,9
Жолуді	1997	24	8,8
Береза (Betula pubescens)	1992	29	15
Береза (Betula pubescens)	1997	24	6,9
Верба (Salix spp)	1992	14,4	3,1
Верба (Salix spp)	1997	6	1,18
Сосна (Pinus sylvestris)	1992	12	15
Сосна (Pinus sylvestris)	1997	40,6	20
Осика (Populus tremula)	1992	86	35
Осика (Populus tremula)	1997	34,0	14
<i>Фітомаса чагарників та трав</i>			
Верес (Calluna vulgaris)	1992	114	43
Верес (Calluna vulgaris)	1997	155,8	34
Чорниця (Vaccinium myrtillus)	1992	112	22
Чорниця (Vaccinium myrtillus)	1997	140,8	19,3
Багно (Ledum palustre)	1992	118	41
Багно (Ledum palustre)	1997	99,1	38,8
Молінія (Molinia caerulea)	1992	137	29
Молінія (Molinia caerulea)	1997	87,57	26,8
<i>Плодові тіла грибів</i>			
Лисички (Cantharellus cibarius)	1992	359	117
Сиріжки (Russula flava)	1992	689	436
Свинушки (Paxillus involutus)	1992	2370	588
Польські гриби (Xerocomus badius)	1992	780	138
Білі гриби (Boletus edulus)	1992	282	47
Білі гриби (Boletus edulus)	1997	268	31

Аналіз змін коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в продукцію лісових фітоценозів протягом періоду досліджень (1992-1997 рр.) свідчить, що за цей час відбулися незначні зміни у їх значеннях. У більшості випадків значення коефіцієнтів переходу з ґрунту в рослини зменшились, особливо це стосується видів, які ростуть переважно у вологих місцях, зокрема: верба, осика, багно, молінія.

Радіологічні дослідження на тваринах також проводились в Овруцькому районі у 1992 - 1996 рр. при щільності радіоактивного забруднення ґрунту $56-442 \text{ КБк/м}^2$ (середнє значення 258 КБк/м^2).

Активність ^{137}Cs у м'ясі косулі протягом періоду досліджень змінювалась в межах від 1244 до 37625 Бк/кг , а агреговані коефіцієнти переходу становили $30 - 76 (\text{Бк/кг})/(\text{КБк/м}^2)$. Результати отриманих досліджень свідчать про різке зростання агрегованих коефіцієнтів переходу ($\text{КП}_{\text{ар}}$) в осінній період до $117 (\text{Бк/кг})/(\text{КБк/м}^2)$ (таблиця 2).

Зрозуміло, що дане явище зумовлене особливостями живлення тварин та їх селективності у виборі кормових засобів у різні періоди року. Обмежена кількість зразків рубця тварин не дала можливості точно визначити вплив окремих компонентів раціону косулі на забруднення її організму радіонуклідами.

Аналіз динаміки забруднення ^{137}Cs організму косулі свідчить про те, що протягом 5 років не відбулося зниження концентрації радіонукліду в м'ясі тварин, а навіть відзначено її зростання. Враховуючи, що за період досліджень не відбулося істотних змін у концентрації радіонукліду в кормовій базі тварин, значні варіації питомої активності ^{137}Cs у м'ясі можна пояснити споживанням тваринами грибів в осінній період. Відомо, що гриби відрізняються тривалим періодом ефективного екологічного напівочищення порівняно із кормовими видами рослин, що призводить до збільшення періоду ефективного екологічного напівочищення організму тварин. Виходячи з того, що продуктивність грибів, а також їх споживання дикими тваринами значно змінюється з року в рік, дуже важко прогнозувати динаміку забруднення ^{137}Cs організму тварин без врахування динаміки продуктивності грибів.

Таблиця 2.

Сезонні варіації забруднення ^{137}Cs м'яса косулі (Овруцький район)

Місяці року	1992 р.			1993р.			1994р.			1996р.			В середньому за 4 роки		
	n	вміст ^{137}Cs у м'язах, Бк\кг	$\text{КП}_{\text{ар}}$	n	вміст ^{137}Cs у м'язах, Бк\кг	$\text{КП}_{\text{ар}}$	n	вміст ^{137}Cs у м'язах, Бк\кг	$\text{КП}_{\text{ар}}$	n	вміст ^{137}Cs у м'язах, Бк\кг	$\text{КП}_{\text{ар}}$	n	вміст ^{137}Cs у м'язах, Бк\кг	$\text{КП}_{\text{ар}}$
1															
2	2	3626	21	2	2655	26	1	4229	25				5	3358	24
3															
4							1	3894	17				1	3894	17
5				1	3088	29	1	3985	27				2	3537	28
6	1	1244	16	2	1904	24							3	1684	21
7							1	10334	41	1	10800	25	2	10567	33
8	1	3044	44	1	13078	77				4	37625	107	6	27770	91
9	2	3268	40	1	3068	49	1	11783	45	1	2200	17	5	4717	38
10	1	17544	29							2	14470	113	3	15495	85
11										4	10280	59	4	10280	59
12				1	7585	30				1	6400	50	2	6993	40
1-12	7	5089	30	8	5230	36	5	6845	31	1	18458	76	3	10477	49
										3			3		

Накопичення ^{90}Sr в продуктах та кормах природних фітоценозів. Дані свідчать, що рівень забруднення ^{90}Sr продуктів був значно нижчим, ніж рівень забруднення ^{137}Cs , що зумовлюється, головним чином, більш низькими рівнями забруднення ^{90}Sr ґрунтів (таблиця 3).

Таблиця 3.

Загальні відомості щодо щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs та ^{90}Sr в районі досліджень.

Стаціонар	n	Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs		Щільність забруднення ґрунту ^{90}Sr		Співвідношення $^{137}\text{Cs} \setminus ^{90}\text{Sr}^*$
		кБк/м ²	Кі/км ²	кБк/м ²	Кі/км ²	
<i>с. Христинівка, Народицький район, Житомирська область</i>						
Стаціонар1 (заплава)	14	1491	40,3	30	0,82	49,4
Стаціонар2 (заплава)	14	361	9,8	7	0,18	54,2
<i>с. Журба, с. Л.Романи, Овруцький район, Житомирська область</i>						
Стаціонар3 (лісові угіддя)	25	138	3,7	38	1,03	3,6

*- Співвідношення $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ свідчить про відмінності у складі радіоактивних випадінь для різних дослідних ділянок.

В той же час агреговані коефіцієнти переходу ^{90}Sr були значно вищими, ніж ^{137}Cs (таблиця 4). Так, наприклад, агреговані коефіцієнти переходу ^{90}Sr в пасовищну траву були в 10-50 разів вищими, ніж відповідні показники щодо ^{137}Cs , у молоко корів - у 10-50 разів, у пагони чорниці - у 1,5 разів. В той же час агреговані коефіцієнти переходу ^{90}Sr в річні пагони сосни звичайної, верби козячої, грибів, м'яса косулі були нижчими ніж агреговані коефіцієнти переходу ^{137}Cs .

Таким чином, рівні забруднення окремих харчових продуктів лісового походження, зокрема чорниці та кісток диких тварин при переході їх у відвар, можуть бути вагомим чинником забруднення радіоактивним стронцієм раціонів сільського населення. Особлива увага повинна приділятися регіонам де щільність радіоактивного забруднення ^{90}Sr ґрунтів перевищує 2 Кі/км².

Дослідженнями також встановлено, що коефіцієнти переходу ^{90}Sr у кормові види рослин визначались лише видом рослин і практично не залежали від типу ґрунту.

Таблиця 4.

Порівняння рівнів ^{137}Cs і ^{90}Sr та інтенсивність переходу радіонуклідів у фітомасу природних пасовищ, молоко, кормові види рослин, гриби, м'язи та кістки косулі в районі досліджень.

Назва продукції та місце відбору	^{137}Cs Бк/кг сухої речовини	^{90}Sr , Бк/кг сухої речовини		Коефіцієнти переходу та агреговані коефіцієнти переходу, (Бк/кг)/(КБк/м ²)	
		M	m	M	m
<i>с. Христинівка Народицького району Житомирської області</i>					
Стаціонар 1 (пасовищна трава)	631	420	43	14	1,44
Стаціонар 2 (пасовищна трава)	401	93	5	13,3	0,72
Стаціонар 1 (молоко корів)	121	18,5	5,5	0,62	0,18
Стаціонар 2 (молоко корів)	66	10	3	1,43	0,43
<i>с. Журба, с. Л.Романи Овруцького району Житомирської області</i>					
Фітомаса сосни звичайної	5181	744	117	20,04	2,62
Фітомаса верби козячої	802	795	7	22,08	0,19
Фітомаса чорниці звичайної	16891	6708	2420	186	67
Білі гриби	83802	41,5	2,5	1,15	0,07
М'ясо косулі	45135	5,7	0,9	0,16	0,02
Кістки косулі	4348	1546	393	42,9	10,9

Висновки

1. Дослідження особливостей переходу ^{137}Cs і ^{90}Sr в трофічних ланцюгах проводились на дослідних стаціонарах в Овруцькому і Народицькому районах Житомирської області, розташованих на відстані близько 80 км від ЧАЕС. Співвідношення $^{137}\text{Cs} / ^{90}\text{Sr}$ в ґрунтах

лісових масивів Овруцького району Житомирської області в середньому становило 3,6, а в Народицькому районі коливалось в межах від 49,4 до 54,2. Це свідчить про те, що дослідні стаціонари характеризуються різними формами радіоактивних випадінь.

2. Відібрані в районі досліджень зразки відрізняються високими рівнями радіоактивного забруднення: вміст ^{137}Cs та ^{90}Sr в більшості випадків перевищує допустимі рівні (ДР-97).

3. Аналіз динаміки коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в продукцію лісових біоценозів протягом експериментального періоду (1992-1997 рр.) доводить, що протягом даного періоду відбулися незначні зміни у значеннях коефіцієнта переходу. У більшості випадків значення коефіцієнтів переходу з ґрунту в рослини знизились, особливо це стосується видів, які ростуть переважно у вологих умовах місцезростання, зокрема верба, осика, багно, молінія.

4. При дослідженнях лісових біоценозів встановлені сезонні коливання у рівнях забруднення ^{137}Cs м'язової тканини косулі. Рівень забруднення організму косулі не зменшився за останні 5 років.

5. Коефіцієнти переходу ^{90}Sr у кормові види рослин визначались лише видом рослин і практично не залежали від типу ґрунту.

6. Оцінюючи рівні забруднення ^{90}Sr харчових продуктів лісового походження, які можуть мати вплив на формування доз внутрішнього опромінення людини, слід зазначити, що деякі із продуктів вимагають більшої уваги, зокрема ягоди чорниці, кістки диких тварин при їх відварюванні.