

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПАТОЛОГІЇ, ОНКОЛОГІЇ І РАДІОБІОЛОГІЇ  
ІМ. Р.Є.КАВЕЦЬКОГО

На правах рукопису

ІЛЬІН Михайло Іванович

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОВЕДІНКИ  $^{90}\text{Sr}$  І  $^{137}\text{Cs}$  ЧОРНОБИЛЬСЬКИХ ВИБРАТІВ  
В СИСТЕМІ ҐРУНТ - РОСЛИНА НА ПРИРОДНИХ ТА МЕДИТОВАНИХ ЛУКАХ  
ВОЛИСЬСЯ УКРАЇНИ

03.00.01 - радіобіологія

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Київ - 1994

Дисертація в рукописі.

Роботу виконано в Українському науково-дослідному інституті сільськогосподарської радіології Міністерства сільського господарства і продовольства України.

Наукові керівники:

доктор біологічних наук,  
академік Української  
Академії аграрних наук  
**В. С. ПРІСТЕР**  
кандидат біологічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Г. П. ПЕРЕПЕЛТНІКОВ**

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук  
**В. О. КУТЛАКМЕДОВ**  
доктор біологічних наук  
**І. П. ЛУКЬ**

Провідна установа - Інститут ядерних досліджень НАН України

Захист відбудеться 22 12 1994 р. о 14 годині 00 години  
на засіданні спеціалізованої ради Д.018.88.02 в Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.С.Кавецького НАН України (252022, м.Київ, вул. Васильківська, 45).

В дисертацію можна ознайомитись в бібліотеці Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.С.Кавецького НАН України.

Автореферат розісланий "22" 12 1994 г.

Вчений секретар спеціалізованої ради,  
кандидат біологічних наук

**Г. Я. Лавренчук**

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00777264 (X)

ЛНБ ім. В. Стефаніка

АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Питання поведінки радіонуклідів в лучних ценозах після аварії на Чорнобильській АЕС викликають безсумнівний інтерес, який обумовлений, з однієї сторони, значною роллю природних лук в забезпеченні тваринництва кормами на Українському Поліссі, а з другої сторони, існуванням проблеми одержання нормативно "чистих" кормів саме на природних сіножатях та пасовищах, часто навіть при мінімальному радіоактивному забрудненні ґрунту остатків (Пристер и др., 1991).

В "дочорнобильський" період був накопичений значний об'єм експериментальних даних по вивченню закономірностей міграції радіонуклідів по трофічним ланцюгам та розподілення їх в компонентах біогеоценозів (Алексакин, 1983; Гулякин, Єдинцева, 1973; Корнеєв, 1977), які послужили основою для вивчення міграції в ґрунтово-рослинному покриві радіонуклідів чорнобильських випадів. Однак, існують лише окремі дані про закономірності розподілу радіонуклідів чорнобильських випадів та форм їх знаходження в ґрунтах природних лук. Недостатньо вивченим залишається питання про залежність доступності рослинам радіонуклідів від їх рухомості в ґрунтах природних лук. На початок проведення досліджень практично були відсутні статистично достовірні дані про кількісні параметри накопичення радіонуклідів рослинами на луках Полісся різних типів, що суттєво затруднює прогнозування радіоактивного забруднення лучних травостоїв. З'ясування цих надто важливих питань і їх деталізація потребує проведення спеціальних досліджень.

**Мета та завдання досліджень.** Мета цієї роботи полягала у вивченні поведінки  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  чорнобильських випадів в системі ґрунт - рослина на природних та меліорованих кормових угіддях Полісся України, а також розробці системи міроприємств по обмеженню переходу радіонуклідів з ґрунту в корми та продукцію тваринництва.

При проведенні досліджень були поставлені завдання:

- вивчити основні закономірності розподілення  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  в профілі ґрунтів природних лук;
- вивчити форми знаходження  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  та їх розподілення в профілі найбільш поширених ґрунтів природних лук Полісся;
- визначити кількісні параметри надходження радіонуклідів в рослини в залежності від типологічних особливостей природних лук;

- визначити вплив меліорації природних лук, які росташовані в рівних зонах радіоактивного забруднення, на рухомість радіонуклідів в системі ґрунт - рослина.

**Наукова цінність роботи.** В наслідку досліджень були вивчені основні закономірності поведінки "чорнобильських"  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  в системі ґрунт - рослина на луках Полісся України. Вперше експериментально показана можливість використання комплексного показника - фітотопологічного типу луки - для прогнозування рухомості  $^{137}\text{Cs}$  в системі ґрунт - рослина. Був запропонований новий підхід для оцінки доступності радіоцезію травостіям в залежності від типу ґрунту та режиму зволоження луки. Показано, що критичними для кормовиробництва типами природних кормових угідь після аварії на ЧАЕС є перевозложені луки, які сформовані на торфово-глебових ( $^{137}\text{Cs}$ ), лучно-алювіальних і дерново-підзолистих ( $^{90}\text{Sr}$ ) ґрунтах, де відмічені максимальні параметри переходу радіонуклідів в травостій. Виявлені особливості впливу меліорації природних лук Полісся, які росташовані в рівних зонах радіоактивного забруднення, на рухомість радіонуклідів.

**Основні положення, які виводяться на важко:**

- фітотопологічний тип луки є комплексним показником рухомості  $^{137}\text{Cs}$  в системі ґрунт - рослина;
- доступність рослинам "чорнобильських"  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  адекватна їх рухомості в ґрунтах природних лук Полісся.

**Практичне значення роботи.** Встановлені кількісні параметри переходу "чорнобильського"  $^{137}\text{Cs}$  в лучні рослини в залежності від характеру випадів, типологічних особливостей луки, біологічних особливостей рослин та продуктивності кормових угідь, що дозволяє прогнозувати вміст радіонукліда в кормах, які одержані на різних типах лук з різним рівнем радіоактивного забруднення. Матеріали по вивченню поведінки  $^{137}\text{Cs}$  в системі ґрунт - рослина на природних та меліорованих луках були використані при розробці "Рекомендацій по використанню радіоактивно забруднених природних кормових угідь Полісся України", "Методики виробництва молока і м'яса згідно ТДР-91 на радіоактивно забруднених територіях України" та "Рекомендацій по веденню сільського і лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення території України в результаті аварії на Чорнобильській АЕС на період 1991-1995 роки" (Збірник документів МСТ України. Спецвипуск №3, Київ, 1991, 112 с.).

Робота виконувалась згідно планів НДР Українського інституту сільськогосподарської радіології в межах Державної Програми лік-

відації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС (ривдія "Сільгосп-радіологія") в 1988-1994 роках.

Методична постановка експериментів, визначення завдань досліджень, вибір об'єкту та місця проведення дослідів проводились спільно в керівниках роботи. Польові і лабораторні дослідження (крім визначення вмісту радіонуклідів у зразках), аналіз і обробка даних, теоретичне узагальнення проводились особисто автором.

**Апробація роботи.** Основні матеріали дисертації були представлені на 1-у Всесоюзному радіобіологічному з'їзді (Москва, 1989), 1-й Міжнародній конференції "Біологічні та радіоекологічні аспекти наслідків аварії на ЧАЕС" (Зелений Мис, 1990), 3-й Всесоюзній конференції по сільськогосподарській радіології (Обнінськ, 1990), 2-й та 3-й Всесоюзних конференціях по основним результатам ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС (Чорнобиль, 1990, 1992), 1-му Семінарі Радянського відділення Міжнародного Союзу радіоекологів "Радіоекологія та контрзаходи" (Київ, 1991), Радіобіологічному з'їзді (Київ, 1993). Основні матеріали дисертації представлені в 9 статтях.

**Структура та об'єм роботи.** Дисертація викладена на 178 сторінках, складається із вступу, чотирьох глав, висновку, висновків та списку літератури (267 найменувань), включає 42 таблиці і 6 малюнків.

### ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в 1988-1994 рр. на природних луках та помпшених кормових угіддях Полісся України, а також стаціонарних лучних експериментальних ділянках, розташованих на Західному оліді радіоактивного забруднення, який утворився в наслідку аварійних викидів ЧАЕС.

Основними територіальними таксономічними одиницями районування природних кормових угідь України є округ та район (Балашов, Сипайлова, 1988). Границі лучно-типологічних округів встановлюються по комплексу природних факторів (клімат, геоморфологія, ґрунти, гідрологія), а також по співвідношенню типологічних одиниць рослинності. На території Українського Полісся виділяється п'ять лучно-типологічних округів та 25 лучно-типологічних районів, з котрих, відповідно, 4 і 21 вазналя радіоактивного забруднення в наслідку аварії на ЧАЕС (табл. 1).

Таблиця 1

Типологічна характеристика природних лук Українського Полісся, забруднених радіонуклідами аварійного походження ЧАЕС

- Параметри	Лучно-типологічний округ			
	Волинський	Житомирський	Київський	Чернігівський
Кількість лучно-типологічних районів	6	6	4	6
Площа лук, тис. га	215-245	145-165	90-95	180-200
Від площі округу, %	25	22	15	20
Типи ґрунтів	торфові та дерново-підзолисті	дерново-підзолисті та торфові	дерново-підзолисті	дерново-підзолисті
Режим зволоження	болотисті, довго- та коротко-заплавні	суходольні, коротко-заплавні	заливні, коротко- та довго-заплавні	нивинні, довго- та коротко-заплавні
Рослинність	злаково-осокова	злаково-осокова	злаково-осокова	злаково-осокова

Для вивчення вмісту радіонуклідів ґрунтові проби відбирали пошарово (прок відбору 5 см) в ділянці, на якій були відібрані відповідні рослинні проби; верхній 5-см шар, як правило, розділяли на дві частини - 0-2 см та 2-5 см, 1 з першої (дернина) відділяла власне ґрунтову фракцію від рослинної компоненти (базальна частина і корені рослин, а також інші рослинні залишки). Всі зразки висушували при нормальних умовах, а до повітряно-сухого стану - при 105°. Ґрунтові зразки просівали крізь сито з діаметром отворів 1 мм, а рослинні - подрібнювали на електромлинях.

Форми анаходження радіонуклідів в ґрунтових зразках (водно-розчинні, обмінні та кислоторозчинні) визначали по загальноприйнятій методиці (Павлоцька, 1974) при послідовній обробці ґрунту водою, ін розчином  $\text{CH}_3\text{COOH}$  та би розчином  $\text{HCl}$ . В окремих випадках визначали міцно фіксовану форму радіонуклідів при обробці ґрунту царськов горілкою.

Концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  в пробах визначали на гама-спектрометрі Nokia LPA 4900 в германій-літійовим напівпровідниковим детектором

та на приладі LP 4900 B Multichannel analyzer, а  $^{90}\text{Sr}$  - радіоімічним засобом по загальноприйнятій методиці (Мінсільгосп СРСР, М., 1985, 64 с.).

Визначення параметрів міграції радіонуклідів у відповідності з їх вертикальним розподіленням в ґрунті (D - коефіцієнт квазидифузії,  $\text{см}^2/\text{с}$ ) проводили в використанні пакета прикладних програм по прогнозуванню вертикальної міграції радіонуклідів, розробленого в УНДІСТР (Львчук и др., 1993).

Коефіцієнт пропорціональності радіонуклідів (р.н.) в ґрунті та рослинах (КП) розраховується по формулі:

$$\text{КП} = \frac{\text{концентрація р.н. в повітряно-сухий масі рослин, Бк/кг}}{\text{щільність забруднення ґрунту, кБк/м}^2}$$

Результати експериментів були статистично оброблені (Росцикий, 1978; Доспехов, 1979).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЕНЬ

### 1. Наслідки $^{90}\text{Sr}$ і $^{137}\text{Cs}$ чорнобильських випадків в ґрунтах природних лук Полісся України

При вивченні закономірностей поведінки  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  чорнобильських випадків в ґрунтах природних лук Полісся були використані два методичних підходи. Рухомість радіонуклідів в ґрунтах природних лук визначали: 1) по інтенсивності вертикальної міграції радіонуклідів та 2) по співвідношенню воднорозчинних, обмінних і несобмінних форм радіонуклідів в верхньому 30-см шарі ґрунту.

#### 1.1. Розподілення радіонуклідів по профілю ґрунтів природних лук

Вивчення розподілення радіонуклідів по профілю ґрунтів природних лук в 1992 року показало, що в верхнього 5-см шару рівних ґрунтів мігрувало до 42%  $^{137}\text{Cs}$  та 44%  $^{90}\text{Sr}$ , які випали на поверхню, і, відповідно, через 6 років після аварії на ЧАЕС основна кількість обох радіонуклідів як і раніше знаходиться у верхньому шарі ґрунтів природних лук (табл. 2).

Мінімальна рухомість  $^{137}\text{Cs}$  спостерігається в дерново-підзолистому піщаному ґрунті абсолютного суходолу, в якому за 6 років в верхнього 5-см шару мігрувало 2,3% радіонукліда, а максимальна - в торфово-глебовому ґрунті довговалової луки (42%). Інтен-

Таблиця 2

Величина депонування радіонуклідів в верхнього 5-см шару ґрунтів лук Полісся, % від вмісту в шарі 0-30 см (1982 р.)

Тип ґрунту	Тип луки по режиму зволоження	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Дерново-підзолистий піщаний	Суходіл абсолютний	2,3	31,7
Лучний суглинковий	Середньозаплавна	8,7	13,5
Дерново-підзолистий супіщаний	Середньозаплавна	14,6	34,2
Лучно-алювіальний супіщаний	Довгозаплавна	35,6	44,0
Торфво-глеєвий	Довгозаплавна	42,0	21,6
НОР <sub>0,95</sub>		3,0	6,2

сивність депонування  $^{90}\text{Sr}$  в верхнього шару ґрунту, здебільшого, вище і змінюється в меншому ступені (від 13,5% в лучному суглинковому ґрунті до 44% в лучно-алювіальному супіщаному). Проте, в умовах довготривалого переволоження рухомість радіонуклідів вістиває, а в торфво-глеєвому ґрунті у  $^{137}\text{Cs}$  - в 2 рази вище.

Вивчення розподілення радіонуклідів по профілю ґрунтів природних лук в 1988-1992 роках показало, що рухомість  $^{137}\text{Cs}$  в залежності від властивостей ґрунту та режиму зволоження луки, змінюється досить закономірно: зростає із зменшенням ступеню мінералізації ґрунтів та збільшенням їх водозабезпеченості. Максимальна інтенсивність вертикальної міграції  $^{137}\text{Cs}$  спостерігається в переволожених торфво-глеєвих ґрунтах, а мінімальна - в суходольних дерново-підзолистих. Відмічено, що в часом інтенсивність міграції  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах достатнього та надмірного зволоження практично не зникають, а в болотистих ґрунтах - збільшуються (табл. 3). Таким чином, режим зволоження лук є для  $^{137}\text{Cs}$  найважливішим фактором, який визначає його рухомість в ґрунтах.

Максимально високі значення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в дернині суходольних лук, які сформувалися на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах, відмічені в 30-км зоні ЧАЕС та районах, які прилягають до неї (84-93%), а на значному віддаленні від станції (більше 60 км) в цьому верхньому ґрунтовому горизонті міститься, як правило, біля половини радіонукліду, що дозволяє припустити про значний вплив характеру випадіння на рухомість  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах природних лук Полісся.

Таблиця 3

Вплив типу ґрунту та режиму зволоження природних лук  
на інтенсивність вертикальної міграції  $^{137}\text{Cs}$

Тип ґрунту	Тип луки по режиму зволоження	D, $\text{н}\cdot 10^{-8} \text{ см}^2/\text{с}$	
		1988 р.	1992 р.
Дерново-підзолистий супіщаний	Суходіл нормальний	3,02	1,17
Теж	Коротковаплавна	3,08	1,47
Теж	Середньоваплавна	5,29	3,12
Торфво-глеєвий	Коротковаплавна осушена	4,15	2,67
Теж	Середньоваплавна	6,96	5,76
Теж	Низовинна болотиста	13,5	16,7
НРР <sub>0,95</sub>		0,24	0,21

### 1.2. Форми знаходження радіонуклідів та їх трансформація в ґрунтах природних лук

Вивчення форм знаходження радіонуклідів в ґрунтах природних лук почалося, що через 6 років після аварії,  $^{137}\text{Cs}$  здебільшого знаходиться в міцно фіксованому стані при дуже низьких значеннях воднорозчинної та обмінної форми, що, очевидно, обумовлено станом радіонуклідів у випадіннях та фіксацією його на ґрунтових мінералах. Стан  $^{90}\text{Sr}$  можна характеризувати як обмінне з збільшенням частки воднорозчинної форми в ростом вологозабезпеченості ґрунтів (табл. 4).

Встановлено, що співвідношення рухомих форм  $^{137}\text{Cs}$  вмістяться в залежності від типологічних властивостей луки (типа ґрунту та режиму зволоження): з зменшенням ступеня мінералізації ґрунтів та збільшенням їх вологозабезпеченості зростає відношення воднорозчинної форми  $^{137}\text{Cs}$  до обмінної (від 0,04 в дерново-підзолистому ґрунті абсолютного суходілу до 0,5 в умовах торфвої луки довгоострожового затоплення). Максимальне відношення воднорозчинної форми  $^{90}\text{Sr}$  до обмінної (1,0) відмічено в лучно-алювіальному супіщалому ґрунті, а мінімальне (0,2-0,3) - в дерново-підзолистих. В торфво-глеєвому ґрунті довговаплавної луки на глибині більш як 10 см вміст воднорозчинної форми  $^{137}\text{Cs}$ , порівняно з обмінною, в 2-3 рази вище, що на нашу думку, може обумовлювати адекватне збільшення переходу радіонуклідів в рослини на цих ґрунтах.

Таблиця 4

Форми знаходження радіонуклідів в ґрунтах природних лук,  
X від валового вмісту в 30-см шарі ґрунтів (1992)

Тип ґрунту (режим зволоження)	$^{137}\text{Cs}$			$^{90}\text{Sr}$		
	водно-рор-чинна	обмін-на	кнло-торс-чинна	водно-рор-чинна	обмін-на	кнло-торс-чинна
Дерново-підволистий піщаний (суходія абсолютний)	0,1	2,5	10,8	14,0	70,8	11,3
Лучний суглинковий (середньоваплавна)	0,1	0,6	7,7	23,1	50,9	26,0
Дерново-підволистий супіщаний (середньоваплавна)	0,2	2,8	12,9	22,3	66,9	10,2
Лучно-алювіальний супіщаний (довговаплавна)	1,1	3,3	31,2	44,4	44,8	9,4
Торфово-глеєвий (довговаплавна)	0,8	1,6	16,8	24,1	48,5	24,4
НСР 0,95	0,1	0,3	1,0	3,3	5,1	1,5

Дані, які одержані в результаті вивчення поведінки радіонуклідів чорнобильських випадів в ґрунтах природних лук, на нашу думку, свідчать про іонування певних закономірностей зміни рухомості  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах в залежності від характеру випадів та основних типологічних особливостей луки (типу ґрунту та режиму зволоження). Ці закономірності можуть служити основою для прогнозування рухомості  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах природних лук Поліся.

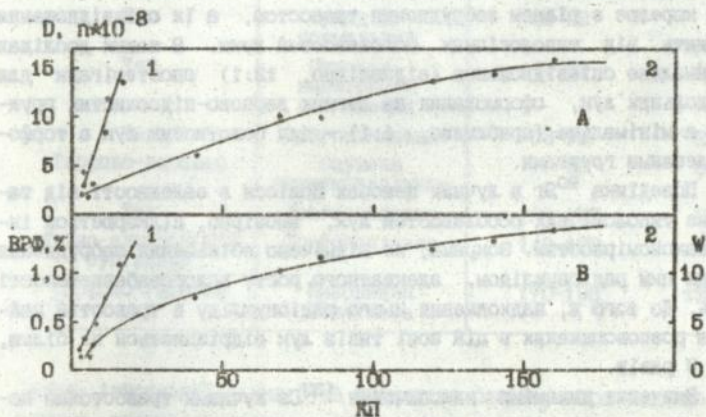
## 2. Закономірності надходження $^{90}\text{Sr}$ і $^{137}\text{Cs}$ в лучні рослини природних кормових угідь

Відомо, що рухомість радіонуклідів в значній мірі визначається факторами, які обумовлюють поглинання та закріплення їх ґрунтами, а також біологічними особливостями рослин. Приймаючи до уваги, що фітотопологічна класифікація природних лук враховує комплекс ґрунтово-кліматичних факторів (в тому числі: тип ґрунту і режим зволоження луки) та видовий склад травостов, логічно припустити, що, вочевидь, існують певні закономірності переходу радіонуклідів з ґрунтів в рослини для природних лук різних типів.

Для перевірки цього припущення в умовах Полісся вивчали: 1) залежність доступності радіонуклідів рослинам від їх рухомості в ґрунтах природних лук різних типів, 2) вплив типу ґрунту та режиму зволоження луки на накопичення радіонуклідів травостоем та 3) вплив біологічних особливостей лучних рослин та типу травостоем (співвідношення основних видів) на рівень радіоактивного забруднення лучної фітомаси.

### 2.1. Надходження радіонуклідів в лучні рослини в залежності від їх рухомості в ґрунтах природних лук різних типів

Паралельне вивчення розподілення радіонуклідів, форм їх знаходження в ґрунтах та накопичення в травостоеі показало, що залежність доступності  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  рослинам від інтенсивності їх вертикальної міграції та від вмісту в ґрунті рухомих форм радіонуклідів носить однотипний характер (мал. 1). Значення КП радіонуклідів зростають пропорційно збільшенню коефіцієнта квалідуфузії, вмісту воднорозчинної форми  $^{137}\text{Cs}$  і відношення суми рухомих форм до кислоторозчинної форми  $^{90}\text{Sr}$ .



Мал. 1. Надходження  $^{90}\text{Sr}$  (1) та  $^{137}\text{Cs}$  (2) в лучні рослини (КП) в залежності від інтенсивності їх вертикальної міграції (D) в ґрунті (A), вмісту воднорозчинної форми (БФ)  $^{137}\text{Cs}$  і відношення суми рухомих форм до кислоторозчинної форми (W)  $^{90}\text{Sr}$  (B)

Крім того, представлені дані, на наш погляд, безпосередньо свідчать про зв'язок розподілення радіонуклідів в профілі ґрунтів природних лук Поліської зони та форм їх знаходження, зокрема:  $^{137}\text{Cs}$  - в воднорозчинній формі, а  $^{90}\text{Sr}$  - в відношенні суми рухомих форм до кислоторозчинної.

## 2.2. Вплив типу ґрунту та режиму зволоження лук на надходження радіонуклідів в травостій

До 1990 року було встановлено, що на Українському Поліссі в залежності від типу луки, який враховує тип ґрунту та режим зволоження, ступінь переходу  $^{137}\text{Cs}$  в травостій (КП) варіює до 630 разів, збільшуючись від 0,3 до 189 в нивці ґрунтів: лучно-чорноземні, лучні, дерново-підзолисті, торфво-глеєві (табл. 5).

Мінімальні величини переходу  $^{137}\text{Cs}$  відмічені для суходольних лук, де КП радіонукліду до 125-300 разів нижче, ніж для заплавних лук 1 до 630 разів нижче, ніж для болотистих. Серед суходолів найбільшим надходженням радіонукліду в травостій характеризуються надмірно зволожені, де КП  $^{137}\text{Cs}$  можуть бути порівняні в такихій для заплавних лук.

Встановлено, що концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в рослинній фракції дернини корелює з рівнем забруднення травостою, а їх співвідношення залежить від типологічних особливостей луки. В наших дослідках максимальне співвідношення (відповідно, 12:1) спостерігали для суходольних лук, оформлених на легких дерново-підзолистих ґрунтах, а мінімальне (приблизно, 1:1) - для болотистих лук в торфво-глеєвих ґрунтах.

Поведінка  $^{90}\text{Sr}$  в лучних ценозах Полісся в залежності від таких же типологічних особливостей луки, ймовірно, підкорюється іншим закономірностям. Зокрема, не відмічено збільшення забруднення рослин при радіонуклідом, адекватного росту вологозабезпеченості угідь. До того ж, надходження цього радіонукліду в травостій найбільш розповсюджених в цій зоні типів лук відрізняється не більш, як в 9 разів.

Вивчення динаміки накопичення  $^{137}\text{Cs}$  лучними травостоями показує, що з часом рівень радіоактивного забруднення рослин значно знизжується - більш ніж в 20 разів за 5 років. Проте, за останні 3 роки спостережень (1991-1994) не відмічено достовірного зниження значень КП радіонукліду на торфовій луці, а перехід  $^{137}\text{Cs}$  в травостій середньозаплавної луки на дерново-підзолистому ґрунті знизився в 4 рази (табл. 6). Ці дані, на наш погляд, цілком відпові-

Таблиця Б

Вміст  $^{137}\text{Cs}$  в травостой та в рослинній фракції дернини при щільності забруднення природних лук  $\text{кБк}/\text{м}^2$

Тип ґрунту	Тип луки по режиму зволоження	Бк/кг повітряно-сухої маси	
		рослинної фракції дернини	травостой
Лучно-чорноземний суглинчаста	Суходіл нормальний	1-2	0,3-0,6
Лучний суглинковий	Теж	3-8	1-2
Теж	Середньоваллавна	9-16	2-4
Лучний супіщаний	Суходіл нормальний	10-14	2-3
Теж	Довговаллавна	20-35	8-11
Дерново-підзолистий суглинковий	Суходіл нормальний	4-12	1-3
Дерново-підзолистий супіщаний	Теж	10-22	2-4
Теж	Середньоваллавна	24-38	5-8
Дерново-підзолистий піщаний	Суходіл абсолютний	35-56	4-6
Теж	Суходіл нормальний	40-63	5-9
Теж	Суходіл надмірного зволоження	45-69	13-22
Теж	Довговаллавна	53-75	25-39
Торфво-глеєвий	Осушена коротковаллавна	77-90	30-45
Теж	Довговаллавна	123-172	58-82
Лучно-алювіальний супіщаний	Довговаллавна	142-170	73-90
Торфво-глеєвий	Низовинна болотиста	170-198	135-189

дають інформації, яка була приведена раніше, про можливе збільшення рухомості цього радіонукліду в перезволожених органогенних ґрунтах і про міцну фіксацію в мінеральних..

Підводячи підсумок проведеним дослідженням, відмітимо, що основні фітотопологічні особливості природних лук (тип ґрунту та режим зволоження), ймовірно, обумовлює цілком закономірні зміни рухомості  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті та при переході його в лучні рослини, що робить можливим оцінку доступності цього радіонукліду травостойм

Динаміка переходу  $^{137}\text{Cs}$  (КП) в ґрунті природних лук Полісся в травостій (строк відбору зразків - травень)

Рік спостережень	Середньозаплавна лука на дерново-підзолистому ґрунті	Осушена лука на торфово-глеєвому ґрунті
1989	26,0±3,2	70,8±8,5
1990	9,4±0,8	9,3±1,8
1991	5,7±0,6	4,1±1,1
1992	3,0±0,4	3,1±0,5
1993	1,7±0,2	2,6±0,5
1994	1,3±0,2	2,9±0,4

рівних типів природних лук Полісся.

### 2.3. Вплив біологічних особливостей лучних рослин на накопичення радіонуклідів травостой

Трав'яний покрив природних лук, здебільшого, являє собою сукупність декількох видів рослин, в яких один (іноді два) є домінуючими й, таким чином, радіоактивне забруднення рослин цього виду в значній мірі визначає рівень забруднення травостою цілому.

Серед вивчаємих типів лук найбільші розходження КП  $^{90}\text{Sr}$  (до 2 разів) відмічені між основними видами рослин середньозаплавної луки на лучному ґрунті та довгозаплавної - на торфово-глеєвому (табл. 7). Розбіжність КП  $^{137}\text{Cs}$  була набагато вища: від 1,5 разу (довгозаплавна лука в лучно-алювіальному ґрунті, де травостій складається з рослин одного ботанічного роду) до 13 разів (довгозаплавна лука на торфово-глеєвому ґрунті).

Таким чином, одержані дані, на нашу думку, свідчать про більший (по зрівнянню з  $^{90}\text{Sr}$ ) вплив типологічних особливостей природних лук Полісся на рівень забруднення травостою  $^{137}\text{Cs}$  та про потенційну можливість значного варіювання останнього у випадку зміни видового складу, або співвідношення основних видів лучних рослин.

Визчення рівня радіоактивного забруднення основних видів рослин, які складають травостій осушеної торфової луки, показує, що накопичення  $^{137}\text{Cs}$  злаковими видами, як правило, нижче ніж бобовими та іншими (табл. 8). Зміна значень КП  $^{137}\text{Cs}$  в часом для злакових рослин має тенденцію до зниження, в той час як перехід радіонукліду до бобових та деяких інших видів в 1993-94 роках був

Таблиця 7

Перехід радіонуклідів в домінуючі види рослин із ґрунтів природних лук Українського Полісся (КП)

Режим зволоження луки (тип ґрунту)	Вид рослини	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Суходіл абсолютний (дерново-підзолистий)	<i>Nardus stricta</i> L.	3,6	9,0
	<i>Calluna vulgaris</i> L. Hull	5,7	8,4
	<i>Corynephorus canescens</i> L.	2,3	8,6
Середньозаплавна (лучний)	<i>Phalaroides arundinacea</i> L.	1,7	1,8
	<i>Ranunculus repens</i> L.	3,3	2,6
	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	4,1	3,5
Середньозаплавна (дерново-підзолистий)	<i>Calamagrostis epigeios</i> L.	1,3	10,4
	<i>Euphorbia virgata</i> W.K.	1,8	14,2
	<i>Carex hirta</i> L.	10,2	16,2
Довгозаплавна (лучно-алювіальний)	<i>Carex vesicaria</i> L.	57,6	15,7
	<i>Carex nigra</i> (L.) Reichenhard	97,0	12,7
	<i>Carex acuta</i> L.	75,9	10,1
Довгозаплавна (торфово-глеєвий)	<i>Carex acuta</i> L.	82,7	4,1
	<i>Carex acutiformis</i> Ehev.	63,2	7,3
	<i>Glyceria maxima</i> C. Hartm.	6,3	8,0
НСР 0,95		1,0	0,5

Таблиця 8

Динаміка переходу  $^{137}\text{Cs}$  (КП) з торфяного ґрунту осушеної луки в основні види рослин травостов (строк відбору зразка - травень)

Вид рослини	Рік спостережень		
	1990	1993	1994
<i>Dactylis glomerata</i> L.	-*	3,5±0,5	2,0±0,5
<i>Poa pratensis</i> L.	6,0±0,1	6,2±0,8	3,5±0,6
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	1,8±0,2	1,2±0,2	0,6±0,2
<i>Plantago lanceolata</i> L.	3,7±0,2	10,4±1,2	-
<i>Vicia cracca</i> L.	3,8±0,3	9,2±0,9	11,4±0,8
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	6,1±0,5	6,0±0,7	10,5±0,7
<i>Trifolium pratensis</i> L.	8,4±0,9	8,9±0,6	8,4±1,3
<i>Potentilla anserina</i> L.	11,6±0,9	13,2±1,2	3,4±0,8
<i>Ranunculus repens</i> L.	13,7±1,0	16,2±1,5	-

\*цей вид в травостові не спостерігався.

більше, ніж в 1990 р. Порівняння цих результатів з наявними даними про динаміку перерозподілу  $^{137}\text{Cs}$  в верхньому шарі цього ґрунту а часом дає експериментальне підтвердження думці інших дослідників про залежність ступеню накопичення радіонуклідів рослинами від будови їх кореневої системи та розміщення її в ґрунті.

Виходячи з вище сказаного, можна зробити висновок, що видовий склад травостою та кількісне співвідношення в ньому основних видів рослин, які представляють в себе одну з найважливіших фіто-топологічних особливостей природних лук, одночасно є одним з основних прогностичних критеріїв рухомості  $^{137}\text{Cs}$  в системі ґрунт - рослина.

### **3. Вплив меліорації природних лук Полісся на перехід $^{90}\text{Sr}$ та $^{137}\text{Cs}$ з ґрунту в лучні рослини та продукцію кормовиробництва**

Проведення заходів по обмеженню надходження радіонуклідів в корми та продукцію тваринництва в господарствах Полісся України відразу після аварії на ЧАЕС не завжди і всюди було достатньо ефективним. Оскільки внаслідок аварії утворилось дві зони радіоактивного забруднення, які відрізняються по характеру випадінь, виникла необхідність вивчення впливу меліорації природних лук на надходження радіонуклідів в лучні рослини та кормові культури в цих зонах.

#### **3.1. Вплив меліорації природних лук Полісся на надходження $^{137}\text{Cs}$ в лучні рослини та продукцію кормовиробництва**

Узагальнюючи результати проведених досліджень, треба відмітити, що поведінка радіонуклідів при меліорації природних лучних угідь Полісся можна передбачити, оскільки доступність для рослин глобальних та чорнобильських випадінь за межами зони відчуження віставими. Проте, значне переважання  $^{137}\text{Cs}$  у випадіннях та відсутність конкретних рекомендацій для ґрунтів Полісся (в тому числі критичних) обумовлює актуальність розробки найбільш ефективних заходів.

Встановлено, що якісне проведення поверхневого або докорінного полішення, як правило, сприяє зменшенню вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в молодці ВРХ в 2-5 разів за рахунок формування нової, відносно "чистої" дернини та збільшення продуктивності угідь. На критичних перезволожених торфових ґрунтах зниження КП радіонуклідів в резуль-

тагі проведення повного комплексу робіт по докорінному поліпшенню лук може досягти 16 разів. Найбільш ефективно обмежує надходження  $^{137}\text{Cs}$  в травостій кормових угідь Полісся, більшість яких розміщена на бідних ґрунтах, боронування дернини з внесенням вапна та повного мінерального добрива в співвідношенні елементів живлення (N:P:K) в пропорції 1:1,5:2, а при поверхневому внесенні меліорантів - підвищені дози калійного добрива (не менш 120 кг/га по діючий речовині).

### 3.2. Особливості поведінки радіонуклідів при проведенні меліоративних робіт на природних луках в зоні відчуження ЧАЕС

Результати, які були одержані при проведенні меліорації лук ближньої до ЧАЕС зони (5-60 км), на наш погляд, свідчать про специфічну поведінку радіонуклідів в системі ґрунт - рослина, обумовлену характером випадів, оскільки значна частина радіонуклідів, які випали, знаходиться в гарячих частинках (Лощилов, 1991; Кашпаров и др., 1992). Так, агротехнічна обробка ґрунтів природних лук цієї зони веде до значного збільшення інтенсивності вертикальної міграції та вмісту рухомих форм  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$ , що приводить до росту надходження радіонуклідів в рослини, особливо в перший період після меліорації (1-2 роки). Це, очевидно, пов'язане з руйнуванням лучної дернини, в якій зосереджена основна маса радіоактивних частинок та їх деструкції. З часом доступність рослинам  $^{137}\text{Cs}$  на вивчаємих цілих луках ближньої зони зменшується менш інтенсивно по зрівнянню з дільницями, і це дає підставу припускати те, що гарячі частинки є важливим джерелом надходження радіонуклідів в ґрунт та рослини.

### 4. Рекомендації по раціональному використанню природних лук Полісся України з метою зменшення надходження радіонуклідів з кормів та продукції тваринництва

1. При вмісті  $^{137}\text{Cs}$  в сирій траві кормових угідь менше 8 нКі/кг (290 Бк/кг) ніяких додаткових заходів для одержання молока і м'яса ВРХ в рівнем вмісту радіонуклідів нижче ТДР-91 не потребується, наприклад: на більшості природних суходольних лук, які оформовані на мінеральних ґрунтах з щільністю забруднення  $^{137}\text{Cs}$  до 10 Кі/км<sup>2</sup> (370 нБк/м<sup>2</sup>), крім надмірно зволожений. Використання заплавлених лук для випасання тварин можливо тільки після їх докорінного поліпшення, а на дерново-підзолистих

- грунтах легкого механічного складу - лише на початковій стадії відгодівлі.
2. При існуючих ТДР-91 використання кормових угідь на критичних торфових грунтах без обмежень по строках відгодівлі можливо після проведення їх докорінного покращення, а в щільності забруднення  $^{137}\text{Cs}$  вище  $2 \text{ Кі/км}^2$  ( $74 \text{ кБк/м}^2$ ) з попереднім осушенням. Болотисті торфовища в щільності забруднення вище  $2 \text{ Кі/км}^2$  ( $74 \text{ кБк/м}^2$ ) використовуються на початковій стадії відгодівлі після проведення повного комплексу меліоративних робіт (осушення, докорінне покращення, залуження).
  3. Розраховані граничні значення щільності забруднення кормових угідь Полісся України  $^{137}\text{Cs}$ , при яких можливо виробництво продукції тваринництва, що відповідає вимогам існуючих та потенційних ТДР.

#### ЗАКІНЧЕННЯ

Проведені дослідження виявили, що рухомість чорнобильського  $^{137}\text{Cs}$  в системі ґрунт - рослина на природних луках Полісся України змінюється досить закономірно. Останнє було експериментальною основою ще до розробки рекомендацій по раціональному використанню природних кормових угідь в метю обмеження переходу в корма та продукції тваринництва основного доуутворюючого радіонукліду в цій зоні.

Вільн міцна сорбція чорнобильського  $^{137}\text{Cs}$  мінеральними ґрунтами, в порівнянні з  $^{90}\text{Sr}$ , яка була відмічена також іншими дослідниками (Гребеншикова и др., 1990; Семенютин и др., 1990; Шутюв и др., 1990), багато в чім обумовлює меншу інтенсивність надходження першого в травостої природних лук. Проте, встановлено, що в переважаних органогенних ґрунтах, які розповсюджені на Поліссі, рухомість  $^{137}\text{Cs}$  більше. Це в значній мірі обумовлює різке збільшення переходу радіонукліду в лучні рослини, оскільки одержані дані свідчать про тісний зв'язок доступності радіонуклідів рослинам від рухомості  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  в лучних ґрунтах Полісся.

Значення КП  $^{137}\text{Cs}$  послідовно збільшуються в висхідній частині ґрунтів: лучно-чорноземні, лучні, дерново-підзолисті, торфяно-глебові, а також - з збільшенням зволоженості ґрунтів одного типу; різниці в накопиченні цього радіонукліду між видами рослин однієї луки сягають 27 разів. Отже, фітотопологічний тип луки, який ураховує тип ґрунту, режим зволоження та видовий склад травостою лу-

ки, може бути використаний як комплексний критерій доступності  $^{137}\text{Cs}$  рослинам лучних ценозів Полісся, оскільки він дозволяє достовірно прогнозувати перехід цього радіонукліду в травостій природних лук в різних типологічних характеристиками.

Судячи по результатам наших досліджень механізм поведінки  $^{90}\text{Sr}$  в лучних ценозах Полісся відрізняється від  $^{137}\text{Cs}$ , так як: по-перше, не відмічено змін рухомості першого, адекватного змінню водовабезпеченості угідь; по-друге, різниця між луками, контрастними по рухомості  $^{90}\text{Sr}$ , не перевищує 3 разів; і нарешті, по-третє, надходження цього радіонукліду в травостій лук в залежності від типу ґрунту та режиму зволоження, безсистемно змінюється в 3-9 разів.

Аналіз одержаних результатів підтверджує думку багатьох дослідників про те, що значна роль в забрудненні лучних рослин та продукції тваринництва належить дернині (Корнеев и др., 1977; Фирсанова, Гребенщикова, 1980; Пристер и др., 1991). Отак, через 6 років після аварії на Чорнобильській АЕС, більше половини  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ , які випали, утримуються в 5-см верхньому ґрунтовому горизонті, основну частину якого складає дернина. Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в рослинній фракції дернини в 2-9 разів вище рівня забруднення травостою. Ці дані показують, що при безпідставному копанні дернини тваринами на мало продуктивних природних пасовищах Полісся продукція тваринництва зазнає додаткового радіоактивного забруднення.

Меліорація природних лук за межами зони відчуження - ефективний захід обмеження переходу радіонуклідів в лучних ґрунтах в корми та продукцію тваринництва. Однак, проведення агротехнічних робіт на природних луках в близькій до ЧАЕС зоні може сприяти значному збільшенню доступності радіонуклідів рослинам, особливо в перший період після меліорації.

#### ВИСНОВКИ

1. Рухомість  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах природних лук послідовно зростає при віддаленні від ЧАЕС, при зменшенні ступеня мінералізації ґрунтів та збільшенні їх вологосабезпеченості. На відміну від  $^{90}\text{Sr}$ , залежність рухомості  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунтах від їх типу та режиму зволоження луки має закономірний характер.
2. Доступність радіонуклідів рослинам природних лук Полісся України збільшується пропорційно росту інтенсивності їх вертикаль-

- ної міграції по профілю ґрунтів, а також - вмісту в ґрунті воднорозчинної форми  $^{137}\text{Cs}$  та відношення суми рухомих форм  $^{90}\text{Sr}$  до необмінної.
- В залежності від типу ґрунту та режиму зволоження лук Полісся значення КП  $^{137}\text{Cs}$  варіюють до 630 разів ( $^{90}\text{Sr}$  - до 9 разів), а г'д видових особливостей рослин, які складають травостій луки - до 27 разів. Фітотопологічний тип луки, який ураховує тип ґрунту, режим зволоження та видовий склад травостов луки, є комплексним показником, який обумовлює ступінь забруднення лучних рослин  $^{137}\text{Cs}$ . Відсутність кореляції між вологозабезпеченістю лучних ґрунтів Полісся та переходом  $^{90}\text{Sr}$  в рослини веде до неадекватних змін поведінки цього радіонукліду в лучних ценозах різних фітотопологічних типів.
  - Критичними типами природних кормових угідь Полісся, для яких є характерними максимальні параметри переходу радіонуклідів в ґрунті в травостій, є переволожені луки на торфово-глеєвих ( $^{137}\text{Cs}$ ), лучно-алювіальних та дерново-підзолистих ( $^{90}\text{Sr}$ ) ґрунтах. Мінімальне надходження обох радіонуклідів відмічено для суходольних лук, які сформовані на лучних суглинкових ґрунтах.
  - Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в рослинній фракції дернини ґрунтів природних лук Українського Полісся в 2-9 разів вище рівня забруднення травостою, що обумовлює додаткове забруднення тваринницької продукції, більш суттєвої на сухих та легких дерново-підзолистих ґрунтах мало продуктивних пасовищ.

#### ОСНОВНІ СТАТТІ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

- Ільїн М.І., Перепелятников Г.П., Пристер В.С. Влияние коренного улучшения естественных лугов Полесья Украины на переход радиоцезия из почвы в травостой // Агрохимия. - 1991. - №1. С.101-106.
- Перепелятников Г.П., Ільїн М.І. На радіаційно забруднених кормових угіддях // Тваринництво України. - 1991. - №№ 6-7.
- Перепелятников Г.П., Ільїн М.І. Радиологические аспекты использования естественных кормовых угодий Украины // Сб. науч. тр. "Проблемы сельскохозяйственной радиологии" / Украинский НИИ сельхозрадиологии. - К. 1991. С.112-122.
- Ільїн М.І., Перепелятников Г.П., Пристер В.С. Миграция цезия-137 в системе почва - растение при улучшении естественных лугов на западном следе аварийного выброса ЧАЭС // Сб. науч. тр. "Проблемы сельскохозяйственной радиологии" / Украинский НИИ сель-

ховрадиологич. - К. 1991. С.122-129.

5. Перепелятников Г.П., Ильин М.И., Вуковская В.С. Изучение форм содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в луговых почвах зоны Чернобыльской АЭС // Сб. науч. тр. "Проблемы сельскохозяйственной радиологии" / Украинский НИИ сельховрадиологии. - К. 1991. С.129-132.

6. Пристер В.С., Перепелятников Г.П., Ильин М.И. Актуальные проблемы кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории // Доклады Академии Наук Украины. - 1993. - №1. С.153-163.

7. Ильин М.И., Перепелятников Г.П. Миграция радионуклидов в агроценозах Полесья Украины, расположенных на торфяных почвах // Сб. науч. тр. "Проблемы сельскохозяйственной радиологии" / Украинский НИИ сельховрадиологии. - К. 1993. Выпуск 3. С.97-110.

8. Пристер В.С., Перепелятников Г.П., Ильин М.И., Богонин А.В., Витриковский П.И., Вілья М.І., Стуленко О.В., Лощилов М.О., Кукурин І.А. Рекомендації по використанню радіоактивно забруднених природних кормових угідь Полісся України. - К.: Держагропром УРСР, 1991. - 28с.

9. Лощилов Н.А., Пристер В.С., Асташева Н.П., Перепелятников Г.П., Соболев А.С., Ильин М.И. Методика производства молока и мяса согласно ВДУ-91 на радиоактивно загрязненных территориях Украины. - К.: Госагропром УССР, 1991. - 22с.

#### АННОТАЦІЇ

Ильин М.И. Закономерности поведения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  чернобыльских выпадений в системе почва - растение на естественных и мелiorированных лугах Полесья Украины.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.01 - радиобиология. Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е.Кавецкого Национальной Академии Наук Украины, Киев, 1994.

Защитається рукопис, которая содержит теоретическое обобщение результатов исследований поведения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  чернобыльских выпадений в луговых ценозах Полесья Украины и экспериментальные данные. Установлено, что подвижность  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва - растение на естественных лугах Полесья зависит от фитотопологического типа луга - комплексного показателя, учитывающего тип почвы, режим увлажнения и видовой состав травостоя луга. Разработаны рекомендации по рациональному использованию лугов Полесья с целью ограничения поступления  $^{137}\text{Cs}$  в корма и продукцию животноводства.

M.I. Il'in. Regularities of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  behaviour from Chernobyl fallouts in the system soil - plant on natural and meliorated meadows of Ukrainian Polesse.

The presentation of the thesis for the Biological Sciences Candidate's degree (radiobiology). Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology named after R.E. Kavetsky, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, 1994.

Manuscript contains theoretical summarizing of the investigations on Chernobyl fallouts  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  behaviour in meadow coenoses of Ukrainian Polesse as well as experimental data. It was found that  $^{137}\text{Cs}$  mobility in the system soil - plants on natural meadows of Polesse depends on phytotopological meadow type - complex index, which takes into account soil type, meadow moisturizing regime and specific composition of herbage. Recommendations on rational use of Ukrainian Polesse natural meadows were developed in order to reduce  $^{137}\text{Cs}$  transfer to forage and animal products.

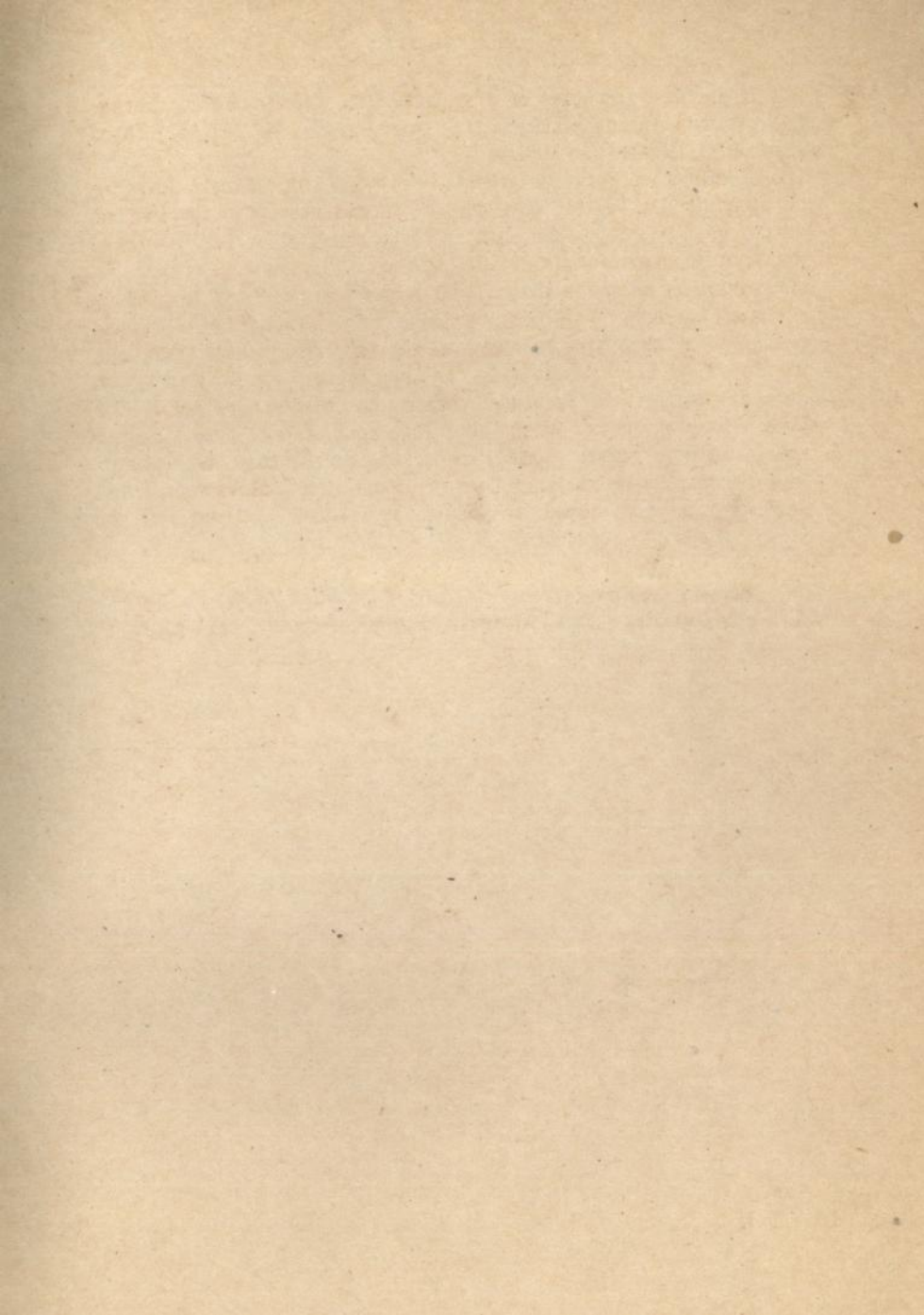
**Ключові слова:**

радіонуклідні, луки, широкіс, ґрунти, рослин, меліорація.

*M. Il'in*

Ин-т "Укринприводхоз" 1994г.

Заказ № 584 Тираж 110



AB 31.439

**AB 31.439**