

УДК 633.521:438.42:581.5.

**Г.І. Васенков**

к.с.-г. н.

**І. Ю. Деробон**

Державний агроекологічний університет

### **РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДЕФЛЯЦІЇ ҐРУНТІВ ПРИ ОТРИМАННІ ЛЬОНОПРОДУКЦІЇ**

*Висвітлено вплив вітрової ерозії ґрунтів Полісся та сумісного вирощування льону-довгунця і злакових трав на вторинне радіоактивне забруднення та якість льонопродукції.*

#### **Постановка проблеми**

Льон-довгунець традиційно вирощують на дерново-підзолистих ґрунтах, значна частина яких зосереджена в зоні Полісся України. Поряд з іншими факторами, які зменшили продуктивність льонарства та негативно вплинули на стан галузі – наслідки аварії на Чорнобильській АЕС.

Льон – одна з сільськогосподарських культур, яка має порівняно низькі коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$ . Проте в процесі технологічних операцій при вирощуванні льону-довгунця (сівба, догляд за посівами, збирання) та при первинній переробці відбувається перенос ґрунтового матеріалу, який містить  $^{137}\text{Cs}$ , завдяки чому відбувається вторинне забруднення льонопродукції [1,2].

У зоні Полісся Житомирщини 46% ріллі займають дефляційно нестійкі ґрунти. Для агроландшафтів характерними є еолові форми сучасного рельєфу у вигляді горбів, пасм, косогорів, що свідчить про діяльність вітрової ерозії, яка спостерігається в основному у весняно-літній період [3,4]. Масштаби та інтенсивність вітрової ерозії залежать від багатьох чинників, серед яких насамперед необхідно виділити погодні умови та генетичний тип ґрунту. Традиційні для льонарства дерново-підзолисті ґрунти завдяки гранулометричному складу чутливі до вітрової ерозії. Між гранулометричним складом і параметрами дефляції існує взаємозв'язок [4,5]. Тому доцільним є вивчення дефляції, яка спричиняє вторинне забруднення льонопродукції радіонуклідами.

### Завдання досліджень

Метою наших досліджень було обґрунтування вирощування льону-довгунця на радіоактивно забруднених ґрунтах та пошук шляхів, що дозволять отримати екологічно чисту льонопродукцію.

### Об'єкти досліджень

Вивчення кліматичних факторів дефляції (максимальних швидкостей вітру, кількості днів з пиловими бурями та часу, протягом якого вони відбуваються) проводилося з використанням даних Укргідромету з даними метеостанцій Полісся впродовж 40 років. Розрахунки забезпеченості вказаних факторів проводилися за загальноприйнятими методиками [6,7].

Фракційний склад орних ґрунтів вивчали на зразках, відібраних з верхнього (0–5 см) шару в п'яти точках поля. Зразки піддавали сухому просіюванню на ситах з отворами від 0,25 до 10,0 мм. Розміри грудочок понад 10 мм вимірювали за допомогою штангенциркуля. Структурний склад ґрунту, розподіл фракцій та еквівалентний діаметр ґрунтових агрегатів визначали за методикою [5].

Визначення еродованості ґрунтів, забруднених  $^{137}\text{Cs}$ , проводили безпосередньо в аеродинамічній трубі методом фізичного моделювання умов дефляції [8]. Для цього в контейнери відбирали моноліти ґрунтів розміром 10\*30\*60 см. Еродованість вивчали в діапазоні швидкостей повітряного потоку від критичної до 10...12 м/с. Втрати ґрунтів від видування за рік визначали розрахунком модулю дефляції в діапазоні швидкостей від критичної до максимально заданої забезпеченості (20%-ва – повторюваність 1 раз на п'ять років) та помноживши його на тривалість пилових бурь. Такі розрахунки проводили для ґрунтів, які використовуються для вирощування льону-довгунця.

Оцінку всіх зразків (вихідних ґрунтів, їх структурних фракцій та продуктів дефляції) проводили за їх питомою активністю за цезієм методом гамаспектрометрії.

Об'єктом досліджень були дерново-підзолисті ґрунти Народицького та Коростенського районів Житомирської області, питома активність ґрунтів та льонопродукції впродовж 2003–2005 років, а також дані вітрових характеристик Поліського регіону льонарства за період з 1943 по 1986 рр.

### Результати досліджень

Визначення агрохімічних показників ґрунту і питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у верхньому (0–5 см) шарі в монолітах, що відбиралися для продування в аеродинамічній трубі, дало такі результати: вміст  $^{137}\text{Cs}$  – 353,7 Бк/кг; гумусу – 1,35%;  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ -4,95; гідролітична кислотність – 1,85 мг.-екв. на 100 г ґрунту; вміст  $\text{Ca}^{+2}$  -4,10 і  $\text{Mg}^{+2}$  -0,61 мг.-екв. на 100 г ґрунту.

Характеристики вітру для Поліського регіону представлені на рисунках 1–3.

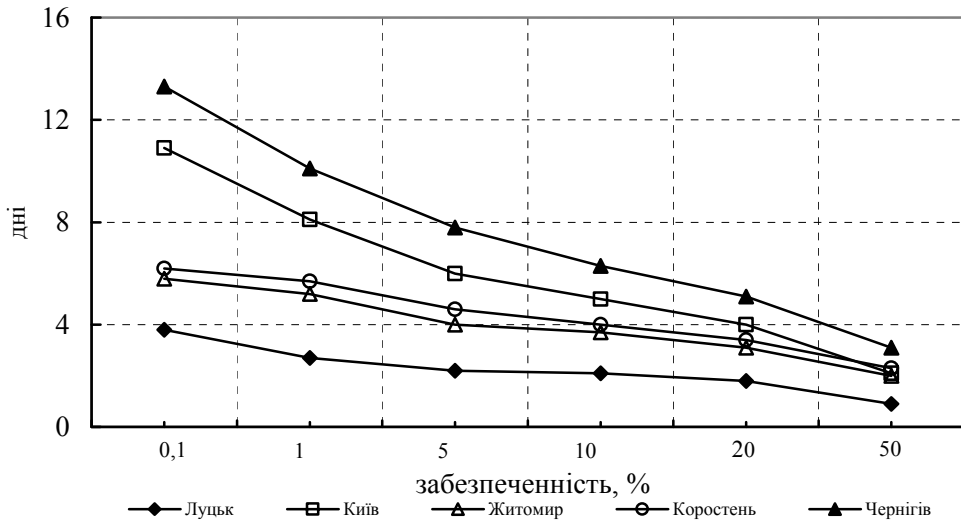


Рис.1. Число днів з пиловими бурями різних рівнів забезпеченості цього явища в Поліссі

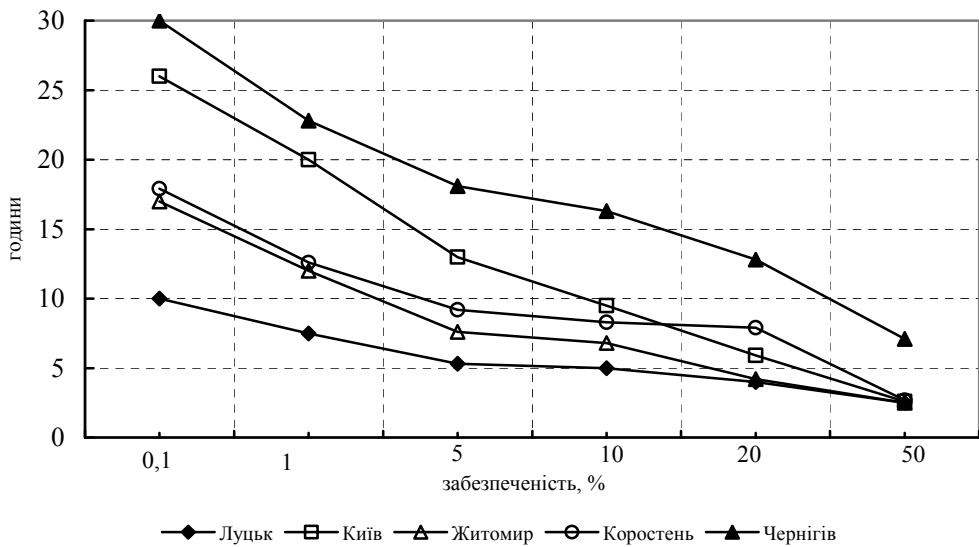


Рис.2. Тривалість пилових бурь в Поліссі

Частота пилових бурь свідчить про відносно низьку їх повторюваність. При низькій забезпеченості цього явища число бурь за рік також є невисоким.

Для даної частини Полісся при 20% забезпеченості цього явища число днів з пиловими бурями становить від 1,8 до 5,1, їх тривалість – 3,8–12,9 години. Під час пилових бурь максимальна швидкість вітру при 1% забезпеченості цього явища становила 14,4–20,1 м/с, при 20% – 9,2–14,1 м/с, при 50% – 6,3–11,1 м/с. Такі швидкості вітру перевищують критичні значення для ґрунтів Полісся.

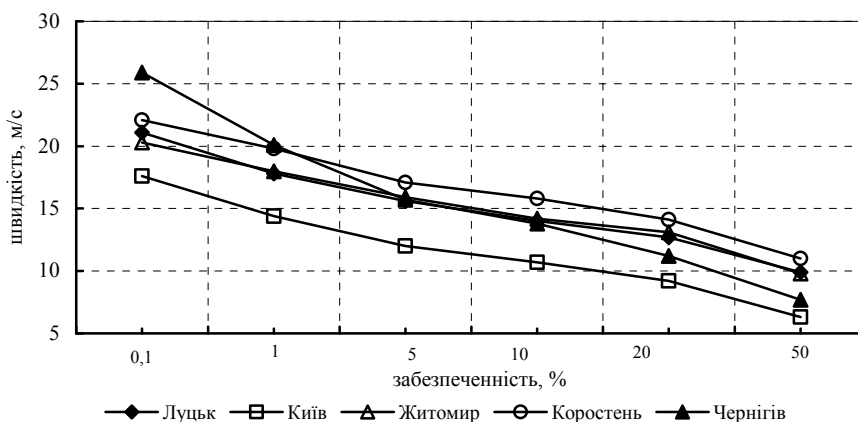


Рис.3. Максимальні швидкості вітру під час пилових бурь в Поліссі

Дефляційні процеси відбуваються за рахунок дії вітрів на ґрунти з різною вологістю. Низька вологість верхнього шару, яка частіше спостерігається пізно весною, влітку та восени зумовлює переміщення еолового матеріалу саме в ці періоди року.

Для визначення втрат від дефляції вивчали сезонні зміни, що відбувалися у структурному складі верхнього шару ґрунту та сезонну динаміку його питомої активності.

Вміст агрегатів розміром до 1 мм, які є дефляційно небезпечними, збільшився від 17,7% на 13.06.1992 до 36,0% – на 16.09.1992 року.

Питома активність різних фракцій за цезієм впродовж цього ж періоду змінилась. Відмічена тенденція її росту у фракціях розміром до 0,5 мм, впродовж вказаного вище періоду фракції розміром до 0,25 мм займали 12,8–26,7% щодо структури ґрунту. Питома активність таких фракцій за цей же період змінилась від 847,3 до 1248,4 Бк/кг, що значно вище, ніж у фракціях більшого розміру.

З метою уточнення ролі дефляційних процесів у вторинному радіозабрудненні льонотрести вивчали розподіл питомої активності

радіоцезію в структурних фракціях дерново-підзолистого суглинкового ґрунту. Встановлено, що зі зменшенням розміру фракцій ґрунту питома активність  $^{137}\text{Cs}$  збільшується. Рівняння залежності має вигляд:

$$A = 4,9703 \cdot D + 825,3$$

де  $A$  – питома активність  $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг;

$D$  – діаметр фракцій, мм

при середньому ступені тісноти кореляційного зв'язку ( $r=0,66$ ).

Відомо, що вітром транспортуються фракції ґрунту розміром до 1 мм. Питома активність еолового матеріалу залежить від збільшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті з високою тісністю зв'язку ( $r=0,99$ ), при області визначення аргументу ( $A_g$ ) в межах  $250 < A_g < 2600$  Бк/кг (рис.4).

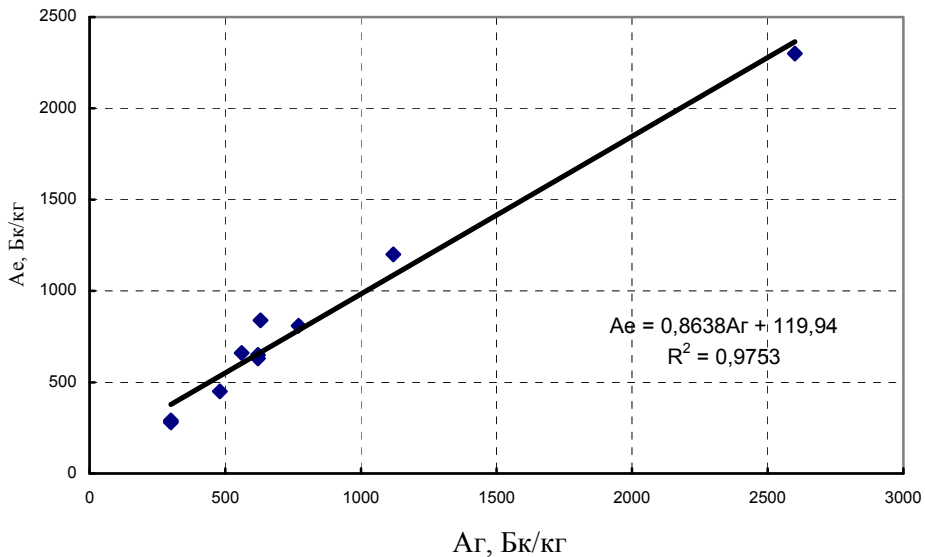


Рис.4. Залежність питомої активності радіоцезію у структурних фракціях <1 мм ( $A_e$ ) від питомої активності радіоцезію в дерново-підзолистому суглинковому ґрунті ( $A_g$ )

В результаті досліджень, проведених в аеродинамічній трубці встановлено, що зі зменшенням вмісту катіонів кальцію різко по експоненті збільшується еродованість. Рівняння такої залежності має вигляд:

$$E = 6,716e^{-0,0914Ca},$$

де  $E$  – еродованість у т/га за годину,

$Ca$  – вміст кальцію, мг.-екв на 100 г ґрунту;

при  $r=0,86$ .

Встановлено тісний кореляційний зв'язок ( $r=0,87$ ) між питомою активністю цього ж генетичного типу ґрунту і вмістом в ньому органічної речовини. Залежність має вигляд:

$$A_{\Gamma} = 745,38 \ln(\Gamma) + 212,36,$$

де  $A_{\Gamma}$  – питома активність ґрунту, Бк/кг;

$\Gamma$  – вміст гумусу, %

Дослідженнями в аеродинамічній трубі доведено, що питома активність радіоцезію в ґрунті і еоловому матеріалі відрізняється. Середня питома активність еолового матеріалу в дерново-підзолистому суглинковому ґрунті у 0,84 раза менша, ніж питома активність цього ґрунту.

При моделюванні дефляції встановлено зв'язок модуля дефляції ( $E$ ) і швидкості повітря на висоті флюгера ( $U$ ) при параметрі шорсткості 1,0 (для дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів –  $E=0,000102*U^{2,833}$ ).

Втрати ґрунтів залежать від швидкості вітру і тривалості дефляції. Дані про модулі дефляції та максимальні швидкості вітру під час пилових бурь дозволили визначити річні втрати дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів (табл. 1).

*Таблиця 1. Втрати ґрунтів (т/га за годину) при різній забезпеченості максимальних швидкостей вітру ( $v$ , м/с) і тривалості пилових бурь ( $t$ , година) за рік*

Метеостанція	Забезпеченість, %								
	1			20			50		
	$v$	$t$	втрати	$v$	$t$	втрати	$v$	$t$	втрати
Луцьк	17,8	7,5	2,67	12,6	3,8	0,51	9,8	2,1	0,14
Київ	14,5	23,0	4,58	9,2	5,6	0,31	6,5	1,4	0,03
Житомир	17,9	11,5	4,05	13,0	4,2	0,61	9,9	1,9	0,13
Коростень	19,5	12,3	5,66	14,1	6,7	1,23	11,0	2,1	0,19

Бурі що виникають 1 раз на 100 років і 1% раз на 5 років (1 та 20% забезпеченості цього явища) викликають значні втрати ґрунту. Такі ексцеси небезпечні з точки зору переносу забруднюючих речовин, а особливо – радіонуклідів.

Наведені вище дані (табл.1) про дефляцію відносяться до орних ґрунтів, на поверхні яких відсутня рослинність та пожнивні рештки. Порівняно з відкритою поверхнею, рослинність на ґрунті залежно від стану, виду та щільності її фітоценозу впливає на формування повітряного потоку.

Збільшення параметра шорсткості поверхні, яке відбувається в тому числі і за рахунок рослинності, призводить до зменшення видування ґрунту. Слід відмітити, що при невисоких показниках модуля дефляції роль параметру шорсткості особливо важлива. Параметр шорсткості визначає стійкість поверхні ґрунту до дії повітряного потоку. Нами

експериментально встановлено, що збільшення параметру шорсткості визначає ріст дотичної напруги тертя. Свідчень інших науковців стосовно цього питання обмаль. За нашими даними параметри шорсткості поля навесні під багаторічними травами були на початок росту 0,4, а у фазі цвітіння – 10,0 см. у льону-довгунця такі показники становлять 0,8 у фазі сходів та 3,5 см у фазі ялинки. Поверхня ґрунту під багаторічними травами має високу шорсткість, а тому практично захищена від видування. Дані досліджень в аеродинамічній трубі показують, що еродованість ґрунтів є функцією параметру шорсткості. Рівняння залежності має вигляд:

$$E=0,1047 \cdot Z^{1,1438},$$

де E – еродованість, т/га за годину;

Z – шорсткість, см.

Коефіцієнт кореляції при цьому становить 0,7.

Частина енергії повітряного потоку витрачається на подолання тертя підстилаючої поверхні, а тому видування ґрунту зменшується.

Наші дослідження та обробка даних інших науковців дозволили встановити поправочні коефіцієнти до моделі дефляції, які дають можливість розрахувати втрати ґрунтів при оранці (табл. 2).

Таблиця 2. Поправочні коефіцієнти втрат ґрунту при дефляції на оранці

Поверхня ґрунту	Пора року	Коефіцієнт
Зяб	навесні	1,0
Посів озимини	навесні	0,75
Посів льону-довгунця	влітку	0,3–0,75
	восени	0,4–0,6

Використання цих коефіцієнтів дозволило виявити річні втрати ґрунтів (табл. 3).

Таблиця 3. Прогноз втрат ґрунту від дефляції на різних агрофонах, т/га за год.

Ґрунти	Забезпеченість дефляції, %			
	1		20	
	О*	Л**	О	Л
Осушені торфовища	9,89	0,0	0,93	0,0
Дерново-підзолисті:				
– супіщані і зв'язано піщані;	28,3	0,0	6,15	0,0
– суглинкові	4,68	0,0	0,85	0,0

\*– оранка, \*\*– луки

Отже, найбільші втрати від дефляції спостерігаються на орних ґрунтах.

Горизонтальні потоки радіоактивних речовин в агроландшафтах пов'язані з переносом ґрунту, що залежить від багатьох факторів

(вітрового режиму, опадів, рослинності, рельєфу та інших). При 50% забезпеченості дефляції перенос  $^{137}\text{Cs}$  на територіях з забрудненістю 185 КБк\*м<sup>-2</sup> становить 0,1–8,0 МБк/га, а при ексцесах він може збільшуватись до 112 МБк/га. Враховуючи дальність переміщення основної маси пилу, яка становить 2 км, радіоактивним забрудненням охоплюється територія, що у 20 разів перевищує площу джерела. За нашими розрахунками на кожен гектар ґрунту при забезпеченості дефляції 1% може випасти до 9 МБк радіоцезію, при 20% – до 1,5 МБк, а при 40% забезпеченості цього явища до 0,4 МБк за рік. За 20 років після аварії на ЧАЕС вірогідність осідання радіоактивних речовин в результаті вторинного забруднення становить не менше 8 МБк на 1 га. Акумуляція радіоактивних речовин проходить на біологічних бар'єрах, наприклад, на лісосмугах, луках та пасовищах, де поверхня ґрунту характеризується високою шорсткістю. Біологічним бар'єром може бути і стеблостій волокнистого льону.

Дефляцією пояснюється і підвищений вміст  $^{137}\text{Cs}$  в пиловидних домішках, які зосереджені лише на зовнішній поверхні стебла і накопичуються при переробці. Сумісний посів волокнистого льону з рихлокущовими злаковими травами при застосуванні обертання трести в середині процесу вилежи дозволяє значно знизити радіозабруднення відходів при виробництві льоноволокна та покращити якість трести (табл. 4,5).

Таблиця 4. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  та якість льонопродукції (середнє за 2003–2005 рр.), Бк/кг

Варіанти	Сортономер трести	Зона забруднення							
		посиленого радіоекологічного контролю				гарантованого добровільного відселення			
		треста	волокно	костриця	пиловидні домішки	треста	волокно	костриця	пиловидні домішки
1									
Без обертання	0,75	7	3	4	51	38	7	25	135
З обертанням	1,0	6		4	53	29		26	136
2									
Без обертання	1,25	6	3	4	54	33	7	27	135
З обертанням	1,50	5		5	49	21		28	138
3									
Без обертання	1,25	6	3	4	48	34	7	23	142
З обертанням	1,50	6		4	51	19		25	145

1 – контроль (чистий посів льону); 2 – льон з підсівом райграсу пасовищного; 3 – льон з підсівом костриці лучної.



Таблиця 5. Маса та активність  $^{137}\text{Cs}$  ґрунтових домішок, при виробництві волокна на Ємільчинському льонозаводі (середнє за 2004–2005 рр)

Показники	Варіанти посіву і виготовлення трести*					
	чистий посів льону без обертання	чистий посів льону з обертанням	льон + райграс без обертання	льон + райграс з обертанням	льон + костриця без обертання	льон + костриця з обертанням
маса домішок на лінійному метрі стрічки льонотрести, кг	0,071	0,038	0,032	0,018	0,034	0,017
Абсолютна активність $^{137}\text{Cs}$ у домішках, Бк: - лінійний метр стрічки льонотрести - в перерахунку на 1 га	9,4 65734,2	4,9 4265,7	4,3 30069,9	2,4 6783,2	4,5 31468,5	2,3 16083,9

\* – щільність забруднення ґрунту 187–195 КБк/м<sup>2</sup>

### Висновки

При веденні льонарства в умовах радіоактивного забруднення доцільно збільшувати шорсткість поверхні дефляційно небезпечних ділянок агроландшафтів за рахунок використання багаторічних трав. Застосування такого заходу дозволяє звести практично до нуля дефляцію мезорельєфу, завдяки чому зменшується вторинне радіозабруднення льонопродукції.

Починаючи з зони гарантованого добровільного відселення доцільно застосовувати сумісний посів волокнистого льону з рихлокущовими злаковими травами. Даний агрозахід дозволить зменшити у відходах питому активність  $^{137}\text{Cs}$ , що накопичується при виробництві льоноволокна на заводах, у тому числі і за рахунок усунення контакту трести з ґрунтом при мацерації, а отже і зменшити радіонуклідне навантаження на персонал, який працює у переробних підприємствах.

### Перспективи подальших досліджень

Нині багато уваги приділяється обмеженню поширення радіонуклідів. У цьому зв'язку доцільно дослідити роль багаторічних трав як засобу зменшення повітряного переносу радіонуклідів і мінімізації дозових навантажень при господарській діяльності в ближній зоні ЧАЕС.

---

---

Література

---

---

1. Дідора В. Г., В. І. Семченко. Особенности роста льна-долгунца в зоне с повышенной загрязненностью радионуклидами // Пробл. с.-х. радиозкологии – 10 лет после аварии на Чернобыльской АЭС: Тез. докл. 2-й междунар. конф –Житомир, 1996. –С.202–204.
  2. Ковалев В. Б. Производство продукции в условиях радиоактивного загрязнения// Пробл. с.-х. радиозкологии // Пробл. с.-х. радиозкологии – 10 лет после аварии на Чернобыльской АЭС: Тез. докл. 2-й междунар. конф.–Житомир, 1996. –С.26–29.
  3. Галич М.М., Стрельченко В.П. Агроекологічні основи використання земельних ресурсів Житомирщини // Житомир: Волинь. –2004.–181 с.
  4. Пристер Б. С., Омеляненко Н.П. Роль дефляционных процессов во вторичном переносе радионуклидов. – Тезисы докладов I Всесоюзного радиобиологического съезда. –Пушино, т.П, 1989.–С.513–514.
  5. Долгилевич М.Й. Пыльные бури и агролесомелиоративные мероприятия. –М.: Колос. –160 с.
  6. Васенков Г.І. та інші. Визначення гідрологічних величин розрахункової забезпеченості (ймовірність перевищення).–Житомир, 2003. –50 с.
  7. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. –Л.: Гидрометеиздат., 1974.–149 с.
  8. Долгилевич М.Й., Васильев Ю.И. Аэродинамическая труба для моделирования ветровой эрозии почв. – Почвоведение, 1976, 6.: – С. 148–153.
- 
-