



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.43:631.83

© 2014

*В.О. Белоліпський,*

*доктор сільсько-  
господарських  
наук*

*ННЦ «Інститут  
грунтознавства  
та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського»*

## ПАРАМЕТРИ ЕРОЗІЙНО БЕЗПЕЧНОЇ СТРУКТУРИ СІВОЗМІН

**Мета.** Вивчити ерозійно-гідрологічні показники в першій технологічній групі вирощування сільськогосподарських культур на балкових водозборах та обґрунтувати параметри ерозійно безпечної структури посівних площ на прикладі Луганської області. **Методи.** Лабораторно-польовий, математико-статистичний. **Результати.** Параметри ерозійно безпечної структури сівозмін на локальному рівні визначаються енергетичним потенціалом ґрунтів, системою удобрення і кількістю безполіцевих обробітків у сівозміні. **Висновки.** Нормативні показники (обмеження) втрат ґрунту в короткоротаційній сівозміні можуть бути використані для екологічного обґрунтування структури посівних площ сівозмін з конкретною цільовою функцією їх продуктивності.

**Ключові слова:** ґрунт, ерозія, параметри, структура сівозмін.

Серед системи заходів щодо припинення руйнування ландшафтної сфери передусім має бути вирішеним питання оптимізації ерозійно-гідрологічної стійкості ґрунтів у сучасних сівозмінах [4, 6].

У нинішніх умовах оцінку протиерозійної стійкості цілинних та аналогічних степових орних ґрунтів України здійснюють з використанням різних методик: натурних досліджень талого стоку [1]; моделювання злив (штучного дощування) [13]; параметрів ерозійної водотривкості ґрунтів з USLE [5]; середньозваженого діаметра водотривких агрегатів у моделях визначення розмивальних швидкостей [5, 7, 8].

Узагальнені результати досліджень [12] показали, що за всіма розглянутими методиками за тривалого землеробського використання чорноземних ґрунтів відбувається зменшення протиерозійної стійкості (у 1,3–2,3 раза), що пояснюється деґуміфікацією ґрунтів і, як наслідок, втратою ними

водотривкої структури.

Для практичного застосування (під час проектування структури сівозмін) показників протиерозійної стійкості, визначених за результатами польових і стаціонарних досліджень з використанням протиерозійної стійкості ґрунтів сівозмін, у рамках математичних моделей потрібне періодичне (1 раз за 20–30 років) оновлення таких даних [2, 3, 10, 11, 12].

**Мета досліджень** — вивчення ерозійно-гідрологічних показників у першій технологічній групі вирощування сільськогосподарських культур на балкових водозборах та обґрунтування параметрів ерозійно безпечної структури посівних площ на прикладі Луганської області.

**Методи досліджень.** Вивчали 2 спеціалізовані короткоротаційні сівозміни: зернопросапну та зернопаропросапну [9]. За контроль взяли 7-пільну зернопаропросапну сівозміну: чорний пар, пшеницю озиму, кукурудзу на зерно, ячмінь ярий, кукурудзу на силос, пшеницю озиму,

соняшник. Сівозміна 1–3-пільна зернопросапна: зайнятий пар, пшениця озима, ½ ячмінь + ½ соняшник на 6-й рік. Сівозміна 2–3-пільна зернопаропросапна: ½ чорний пар + ½ горох, пшениця озима, ½ кукурудза на зерно + ½ соняшник на 6-й рік.

Технологічне навантаження енергетичне: 1-й рівень — енергетичний потенціал гумусного шару ґрунту 0–20 см з підтримувальним рівнем удобрення —  $N_{23}P_{10}K_0 + 4,3$  т/га гною, 2-й рівень — енергетичний потенціал ґрунту + підвищена органо-мінеральна система удобрення —  $N_{68}P_{30}K_{11} + 8,5$  т/га гною.

Критерій оцінки протиерозійної стійкості ґрунту в дискретних точках — показник

руйнування ґрунту (розбризування) в т/га, визначається методом штучного дощування на зразках ґрунту з непорушеною структурою з шарів 0–10 та 10–20 см.

Провідні фактори втрат ґрунту: інтенсивність водопоглинання, мм/хв ( $X_6$ ); коефіцієнт обробітку ґрунту ( $X_8 = \frac{n \cdot t}{N}$ , де  $n$  — кількість

полів у сівозміні з полицевим обробітком;  $t$  — показник часу, років;  $N$  — кількість полів у просторі); ерозійний індекс дощу ( $X_2$ ); енергетичне навантаження на ґрунт ( $X_7$ ); коефіцієнт водоміцності агрегатів шару ґрунту 0–10 см ( $X_5$ ).

### 1. Фактори протиерозійної стійкості ґрунту

Культура	Рівень добрива	$X_1$ — вологість ґрунту, %	$X_2$ — ерозійний індекс опадів	$X_3$ — щільність складання ґрунту, г/см <sup>3</sup>	$X_4$ — коефіцієнт структурності	$X_5$ — водоміцність	$X_6$ — водовдягання, мм/хв	$X_7$ — енергія ґрунту шару 0–20 см + $NRK$ , ГДж/т	$X_8$ — коефіцієнт обробітку	$Y$ — втрати ґрунту, т/га
<i>7-пільна зернопаропросапна сівозміна (контроль)</i>										
Пшениця озима	K	34,88	18,74	0,98	1,69	2,39	0,87	58,16	2	14,22
» »	P-3	34,95	16,98	0,95	1,38	2,05	0,93	63,76	2	10,02
Чорний пар	K	40,49	17,78	0,87	1,31	3,04	1,2	62,60	2	7,4
» »	P-3	41,4	12,38	0,95	1,79	2,66	0,5	59,65	2	17,32
Соняшник	K	31,2	17,62	0,92	1,32	5,31	1,08	53,73	2	3,56
» »	P-3	36,45	13,39	0,92	2,05	3,45	0,97	57,00	2	8,18
Пшениця озима	K	36,44	26,55	0,82	1,95	2,52	1,24	52,21	2	4,46
» »	P-3	37	11,72	0,9	2,25	2,78	0,67	69,13	2	13,06
Кукурудза	K	36,48	27,59	0,94	2,1	3,73	1,47	55,21	2	5,34
» »	P-3	35,84	12,1	0,96	0,92	6,51	0,69	99,39	2	13,28
<i>3-пільна зернопаропросапна</i>										
Кукурудза	P-3	27,23	29,56	1,04	1,26	3,45	1,53	104,00	1	2,88
Соняшник	K	30,13	21,22	0,88	4,37	1,16	1,5	61,43	1	1,62
Пшениця озима	P-3	30,14	22,26	0,86	3,76	1,31	1,14	64,95	1	3,82
Те саме	K	31,7	13,45	0,8	3,14	1,4	1	53,72	1	2,94
» »	P-3	33,1	18,11	0,84	1,76	2,86	1,22	52,66	1	2,74
» »	K	32,94	10,98	0,79	5,24	1,3	1,07	56,68	1	3,68
<i>3-пільна зернопросапна</i>										
Ячмінь	P-3	33,71	12,17	0,89	2	1,89	0,97	71,30	1	5,18
Соняшник	K	30,95	15,21	0,98	3,36	1,15	1,03	56,68	1	4,46
Пшениця озима	K	31,06	25,4	0,75	4,14	2,38	1,47	62,61	1	4,04
» »	P-3	33,9	25,44	0,74	4,27	1,26	1,41	70,97	1	3,96
Зайнятий пар	K	29,74	9,78	0,9	2,54	1,48	1	59,39	1	5,76
» »	P-3	32,28	15,75	0,84	2,24	1,8	1,16	87,20	1	3,48
Примітка. K — контроль (підтримувальний рівень) — $N_{23}P_{10}$ , гній 4,1 т/га; P-3 — підвищений рівень добрив — $N_{68}P_{30}K_{11}$ , гній 8,5 т/га.										

Земельна ділянка розміщена на привододільній частині північної експозиції балкового водозбору (Стукалова Балка Слов'янськ-Сербського району Луганської області). Крутизна схилу — 2–3°. Ґрунт — чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий механічного складу на лесовидному суглинку. Характеристика орного шару ґрунту: рН — 7,4–7,6; уміст гумусу — 3,24–4,42%; валового азоту — 0,25; фосфору — 0,14%; обмінного калію — 230–250 мг/кг.

**Результати досліджень.** Вплив системи добрив та обробітку спостерігається на формуванні стійкості ґрунту під час руйнування дощовими краплинами (розбризкування) опосередковано через водно-фізичні, метеорологічні та енергетичні фактори (табл. 1).

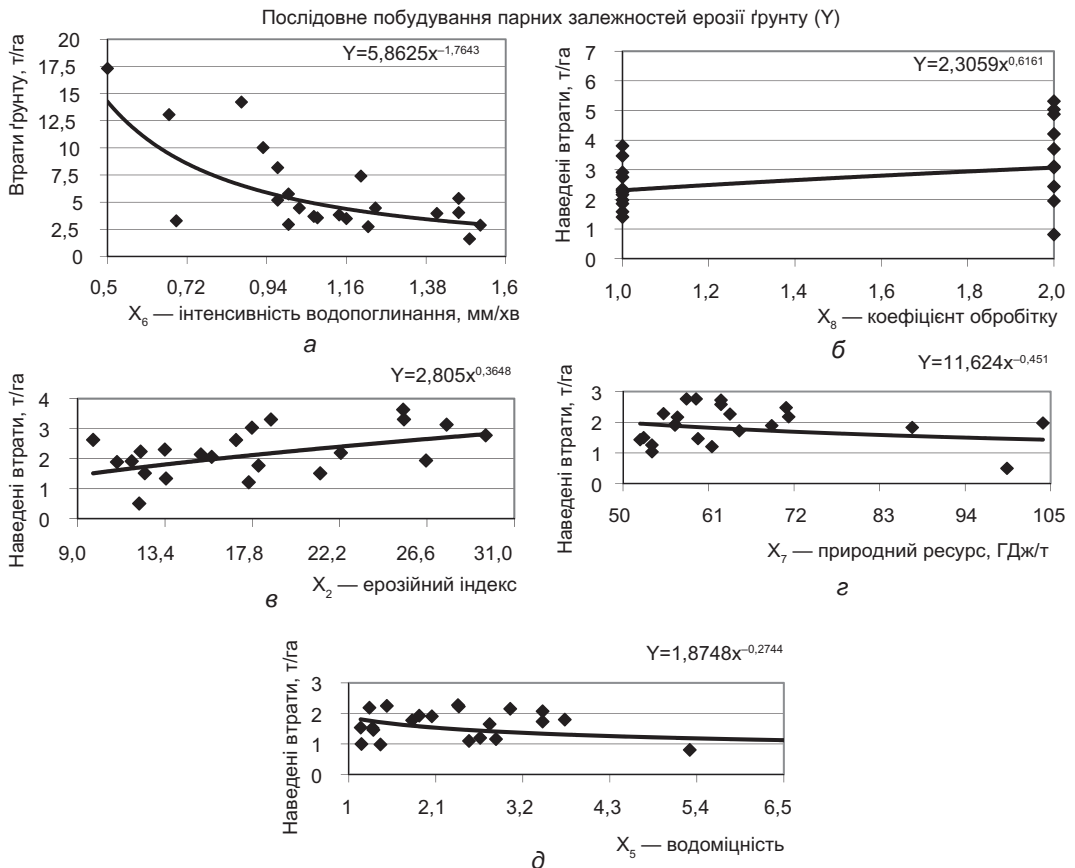
Послідовну побудову парних залежностей ерозії ґрунту (Y) та значущих факторів установлено за порядком убудання регресійного

зв'язку методом графоаналітичної обробки експериментальних даних та виявлення кривих апроксимації (рис. 1) [4].

Комплексна емпірична модель втрат ґрунту виражається рівнянням регресії:  $Y_{\text{заг.}} = A \cdot X_6^{-1,7643} \cdot X_8^{0,6161} \cdot X_2^{0,3548} \cdot X_7^{-0,451} \cdot X_5^{-0,2744}$ , де A — постійний коефіцієнт, який дорівнює 13,51 за розмірності ерозії ґрунту в т/га.

За провідними факторами втрат ґрунту визначають ступінь впливу факторів: інтенсивність водопоглинання (51%), коефіцієнт обробітку (17,8%), природний ресурс (13%), ерозійний індекс (10,3%). Визначають також точність моделі і коефіцієнт множинної кореляції (табл. 2).

За кількісною залежністю руйнування ґрунту від досліджуваних чинників побудовано оптимізаційну поверхню, представлену ізолініями, які визначають зони та умови сполучення



**Рис. 1.** Залежність втрат ґрунту (Y, т/га) від: а — інтенсивності водопоглинання, мм/хв ( $X_6$ ); б — коефіцієнта обробітку ґрунту ( $X_8$ ); в — ерозійного індексу дощу ( $X_2$ ); г — природного ресурсу, ГДж/т ( $X_7$ ); д — коефіцієнта водоміцності агрегатів шару ґрунту 0–10 см ( $X_5$ )

## 2. Фактори, які впливають на руйнування ґрунту від розбризкування, та характеристика моделі

Фактори втрат ґрунту від розбризкування	Провідні фактори та їх обґрунтування, %	Характеристика моделі	
		Е, %	R
$Y = X_6 \cdot X_8 \cdot X_2 \cdot X_7 \cdot X_5$ $X_6$ (інтенсивність водопоглинання) = $5,8625x^{-1,7643}$ $X_8$ (коефіцієнт обробітку) = $2,3059x^{0,6161}$ $X_2$ (ерозійний індекс) = $0,805x^{0,3548}$ $X_7$ (природний ресурс) = $11,624x^{-0,451}$ $X_5$ (коефіцієнт водоміцності) = $Y = 1,8748x^{-0,2744}$ $Y = A \cdot X_6^{-1,7643} \cdot X_8^{0,6161} \cdot X_2^{0,3548} \cdot X_7^{-0,451} \cdot X_5^{-0,2744}$	Інтенсивність водопоглинання — 51 Коефіцієнт обробітку — 17,8 Ерозійний індекс — 10,3 Природний ресурс — 13,0	7,9	0,87

досліджуваних факторів з різними рівнями руйнування ґрунту в сівозмінах (рис. 2).

Так, зона максимального руйнування ( $>12$  т/га) характерна для ерозійного індексу опадів ( $X_2$ ) — 24–30; інтенсивності водопоглинання ( $X_6$ ) —  $\leq 0,7$  мм/хв; природного ресурсу ( $X_7$ ) —  $\leq 70$  ГДж/т, коефіцієнта обробітку ( $X_8$ ) — 2 (7-пільна зернопаропросапна сівозміна).

З урахуванням провідного фактора ерозійного процесу відзначаємо вплив інтенсивності водопоглинання (51%), природного ресурсу (уміст гумусу в шарі ґрунту 0–20 см —  $X_7$ ) на рівні 64 ГДж/т на функціональне його забезпечення: збільшення у 3-пільних сівозмінах з коефіцієнтом обробітку 1 за залежністю  $Y_1 = 0,1369 X_7^{0,5313}$  та зменшення у 7-пільній сівозміні (коефіцієнт обробітку 2) за залежністю  $Y_2 = 31,67 X_7^{-2,019}$  (рис. 3, а).

Перспективність застосування органо-мінеральних добрив (NPK та 8 т/га гною)

встановлено в 3-пільних сівозмінах за залежністю  $Y_1 = 0,26439 X_7^{0,3602}$ . У 7-пільній сівозміні (коефіцієнт обробітку 2) інтенсивність водопоглинання дещо зменшується:  $Y_2 = 34,335 X_7^{-0,8773}$  (рис. 3, б).

Нормативні показники (обмеження) втрат ґрунту в сівозмінах нами було використано для обґрунтування параметрів ерозійно безпечної структури сівозмін.

Алгоритмом оптимізації структури сівозмін (для площі в 100 га) взято метод математичного лінійного програмування (сімплекс-метод).

Цільова функція продуктивності ( $F_{\text{прод.}}$ ):

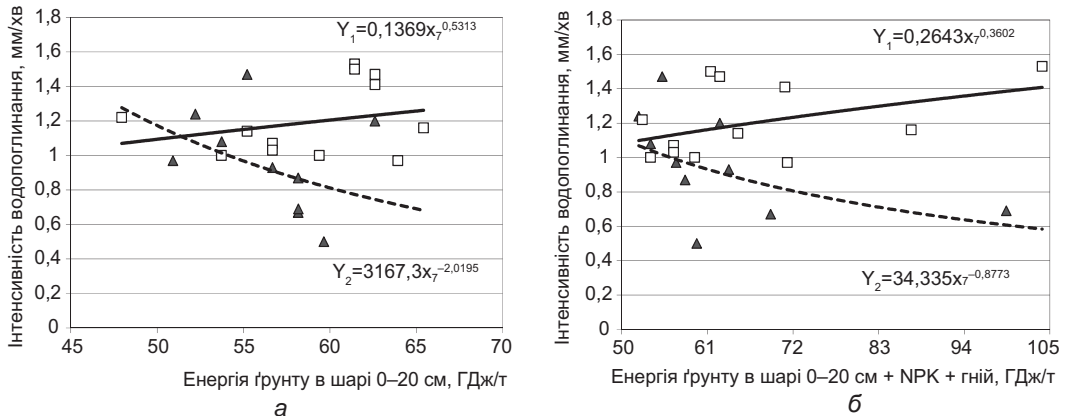
$$F_{\text{прод.}} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \rightarrow \max,$$

де  $X_{1...n}$  — площі (структура) під сільськогосподарськими культурами, га;  $C_{1...n}$  — урожайність культури, ц/га.

Система обмежень: використана площа,

Коефіцієнт обробітку	Природний ресурс, ГДж/т	Ерозійний індекс опадів											
		17	24	30	17	24	30	17	24	30	17	24	30
		Інтенсивність водопоглинання, мм/хв											
		1,5	1,5	1,5	1,25	1,25	1,25	1	1	1	0,7	0,7	0,7
1	100	до 2 т/га											
1	85												
1	70												
1	55												
2	100	до 3 т/га											
2	85												
2	70												
2	55												

Рис. 2. Оптимізаційна поверхня втрат ґрунту, т/га



**Рис. 3. Вплив енергетичних ресурсів ґрунту на інтенсивність водопоглинання, мм/хв: ▲ — 7-пільна сівозміна; □ — 3-пільна сівозміна**

втрати ґрунту, грошові витрати, кількість добрив. Шуканим невідомим є площі під сільськогосподарськими культурами в структурі сівозмін ( $X_1 \dots X_n$ ).

За умов обмеження втрат ґрунту до 7 т/га залежно від культури в 7-пільній зернопаропросапній сівозміні максимальна продуктивність зумовлена наявністю 28% озимих, 15,4% сояшнику та 14,7% чистого пару. У 3-пільній

зернопаропросапній сівозміні з чистим паром за обмежень на змив ґрунту 3 т/га співвідношення культур становило відповідно 33,3; 17 та 16,5%. У 3-пільній зернопаропросапній сівозміні із зайнятим паром співвідношення культур є таким: озимих — 33%, сояшнику — 17, зайнятого пару — 33%.

Загалом втрати ґрунту в сівозмінах становлять 1,6–1,8 т/га.

### 3. Модель структури посівних площ за природно-сільськогосподарськими районами Луганської області

Природно-сільськогосподарські райони	Коефіцієнт однотипності екосистем ( $K_{ЕС}$ )	Ерозійно-екологічна зона (ЕЕЗ)	Структура посівних площ							Стокорегулювальні коефіцієнти				Потенційний стік, мм	Змив ґрунту, т/га	
			пар	озимі	кукурудза на зерно та силос	ранні ярі зернові і зернобобові	сояшник	багаторічні трави	сorgho та інші	крутизна схилів	агрофон	протирозійні заходи	ерозійний індекс (R)		по стоку	по $K_{ЕС}$
Білокуракинський	0,32	I	12	33	16	15	16	3	4	2,4	0,5	0,7	20,7	5,6	0,5	3,2
Біловодський	0,31	I	14	33	15	14	17	4	4	2,5	0,5	0,7	20,0	5,5	0,5	3,3
Новоайдарський + Придонецький	0,28	II	13	33	14	15	16	4	5	2,4	0,5	0,7	18,8	3,8	0,0	3,8
Луганський (північний)	0,35	III	14	33	12	16	15	7	3	2,5	0,5	0,7	19,8	4,7	0,3	2,9
Луганський (центральний + західний)	0,37	III	14	33	8	17	15	6	7	2,7	0,5	0,7	22,0	7,9	1,0	2,6
Луганський (південний + східний)	0,35	III	14	33	9	17	15	6	6	2,6	0,5	0,7	22,0	7,7	1,0	2,8
По області	0,32		13,5	32,9	12,3	15,7	15,7	5	4,8	2,5	0,5	0,7	20,2	5,3	0,4	3,1

Науково обґрунтоване чергування культур і пар у 3-пільних сівозмінах у часі досягається тим, що поля згідно з проектом землеустрою розділяють навпіл. У зернопаропросапній сівозміні – перше поле (пар/горох) і третє (кукурудза/соняшник), зернопаросапній – третє поле (ячмінь/соняшник) [9]. При цьому просторова організація території забезпечує раціональну ґрунтоохорону

структуру посівних площ на водозборі.

Результати розрахунків для обґрунтування раціональної структури сівозмін було покладено в основу коригування структури посівних площ у зоні з катастрофічним виявом ерозійних процесів у Луганській області (Лутугинський, Антрацитівський, Краснодонський, Перевальський та Свердловський райони) (табл. 3).

## Висновки

Ерозійно безпечна структура сівозмін характеризується показниками протиерозійної стійкості ґрунту на локальному рівні, яка оцінюється інтегральною емпіричною моделлю втрат ґрунту:

$$Y_{\text{заг.}} = A \cdot X_6^{-1,7643} \cdot X_8^{0,6161} \cdot X_2^{0,3548} \cdot X_7^{-0,451} \cdot X_5^{-0,2744}.$$

Ерозійна стійкість 3–7-пільних сівозмін досягається параметрами їх структури: 7-пільна зернопаропросапна сівозміна – 28%

озимих, 15,4% — соняшнику та 14,7% — цього пару; 3-пільна зернопаропросапна – 33,3; 17 та 16,5% і 3-пільна зернопаросапна сівозміна із зайнятим паром — озимих – 33%, соняшнику – 17, зайнятого пару – 33%.

Екологічне обґрунтування структури посівних площ в аспекті області здійснюється з урахуванням протиерозійної стійкості ґрунтів у сівозмінах за природно-сільсько-господарськими районами.

## Бібліографія

1. Белоліпський В.О. Ерозійно-гідрологічні індикатори у структурі водозбору/В.О. Белоліпський, Т.А. Носовська, В.В. Михайлов//Вісн. аграр. науки. – 2012. — № 3. — С. 59–62.
2. Бережняк М.Ф. Оптимізація агрофізичних параметрів чорноземних ґрунтів за різних систем обробітку/М.Ф. Бережняк, Є.М. Бережняк//Вісн. аграр. науки. – 2010. — № 12. — С. 16–19.
3. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів: підруч. [для підготовки спеціалістів в аграр. вищ. навч. закладах III–IV рівня акредитації]/С.Ю. Булигін. — К.: Урожай, 2005. — 300 с.
4. Булыгин С.Ю. Почвоводоохранная оптимизация агроландшафтов: моногр./С.Ю. Булыгин, В.А. Белоліпський. — К.: Аграр. наука, 2012. — 352 с.
5. ГОСТ 17.4.4.03–86. Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей от 01.07.1987.
6. Зубець М.В. Ерозія: стан та шляхи розв'язання проблеми/М.В. Зубець, С.А. Балюк, Д.О. Тимченко//Вісн. аграр. науки. – 2008. — № 3. — С. 8–12.
7. Куценко М.В. Про створення та інформаційне забезпечення системи охорони ґрунтів від ерозії в Україні/М.В. Куценко, Д.О. Тимченко//Агрохімія та ґрунтознавство: міжвід. тем. наук. зб. — Х.: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2011. — Вип. 75. — С. 116–120.
8. Мирцхулава Ц.Е. Водная эрозия почв (механизм, прогноз)/Ц.Е. Мирцхулава. — Тбилиси: Мецниереба, 2000. — 422 с.
9. Пат. 517A01I79/02, A01C7/00. Спосіб використання землі в короткоротаційній польовій сівозміні/П.Г. Лапко, Ю.І. Усатенко, А.М. Митрошин, Б.А. Павлов, В.В. Наливайко. — 15.11.2005. Бюл. № 11.
10. Светличный А.А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты/А.А. Светличный, С.Г. Черный, Г.И. Швецб. — Сумы: Университетская книга, 2004. — 410 с.
11. Справочник по почвозащитному земледелию; под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской. — К.: Урожай, 1990. — 280 с.
12. Чорний С.Г. Картографування ерозійної небезпеки території: інформаційне забезпечення та деякі результати/С.Г. Чорний, О.М. Хотиненко//Агрохімія та ґрунтознавство: міжвід. тем. наук. зб. — Х.: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2011. — Вип. 75. — С. 74–77.
13. Швецб Г.И. Противозерозионная стойкость почв юга УССР и ее изменение под влиянием орошения/Г.И. Швецб, А.А. Светличный, С.Г. Черный//Почвоведение. — 1988. — № 1. — С. 94–100.

Надійшла 23.05.2014.