

УДК 631.48:631.459.2:332.
33:332.5

© 2016

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ*

П.Г. Назарок

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

** Науковий керівник —
доктор сільсько-
господарських наук
В.А. Величко*

Мета. Пошук та обґрунтування методичних підходів до формування оптимізаційної моделі просторового розміщення сівозмін, яка ґрунтується на принципах екологічної раціональності та економічної збалансованості використання схилових земель. **Методи.** Геоінформаційний, розрахунково-аналітичний, економіко-статистичний. **Результати.** Зменшення врожайності сільськогосподарських культур і збільшення виробничих витрат на схилових ґрунтах провокує до пошуку підходів економічно-ефективного їх використання без розриву з ґрунтоохоронними позиціями. Опрацьовано можливі сценарії оптимізації розташування сівозмін на схилових землях агроформувань із застосуванням моделі ерозії Ц.Є. Мірцхулави. **Висновки.** Просторове розміщення сівозмін не можна проводити спираючись на одну з груп критеріїв — екологічну або економічну. В цьому випадку комбінаторна оптимізація є раціональним та універсальним інструментарієм просторової оптимізації розміщення сівозмін. Для підвищення економічних та екологічних показників виробництва продукції рослинництва на схилових землях потрібне зниження значення протиерозійного показника сільськогосподарських культур (промійні культури, агротехнічні та лісомеліоративні заходи тощо), підвищення рівня родючості еродованих ґрунтів, збільшення врожайності вирощуваних культур.

Ключові слова: схилі ґрунти, модель ерозії Ц.Є. Мірцхулави, оптимізація розташування сівозмін.

На етапі еколого-економічного обґрунтування сівозмін та впорядкуванні угідь під час розробки проекту землеустрою постає завдання просторової оптимізації розміщення сівозмін господарства [12, 13]. Можливим інструментом у вирішенні поставленого завдання є комбінаторна оптимізація [8, 15], яка дає можливість сформувати групи полів агроформування під різні види сівозмін (польової,

ґрунтоохоронної, кормової тощо) на схилових землях із максимізацією економічних показників — чистий прибуток, рівень рентабельності виробництва, з застосуванням обмежень, щодо ґрунтоохоронних засад — втрати ґрунту внаслідок водної ерозії, мінералізації гумусу під сільськогосподарською культурою тощо.

Мета роботи — напрацювання до підходів оптимізації просторового розміщення

сівозмін на схилових землях.

Об'єкти, методи та умови досліджень. Об'єктом дослідження обрано угіддя агроформування «Колос 2000» у межах селищних рад Рогань і Зелений Колодязь (Харківського та Чугуївського р-нів Харківської обл.).

Алгоритм вирішення завдання просторої оптимізації сівозмін для агроформування з екологічними обмеженнями був такий:

- установлення площ, кутів нахилу поверхонь, вмісту гумусу та потенційних втрат ґрунту внаслідок водної ерозії під впливом зливи для угідь агроформування [3, 7, 9, 10]; установлення значень ґрунтозахисних коефіцієнтів для сільськогосподарських рослин та балансу гумусу під ними [1, 11, 21]; устанвлення структури витрат (зокрема відсоток на мінеральні добрива та паливно-мастильні матеріали), повної собівартості та реалізаційної ціни на рослинну продукцію [18]; установлення середньої врожайності, потреби окремо в азотних, фосфорних і калійних добривах за економічними довідниками [17, 19, 20];

- поділ на види — нееродовані, слабо-, середньо- та сильноеродовані за значенням потенційних втрат ґрунту відповідно $\rightarrow >2, 2-5, 5-10 < 10$ т/га щорічно;

- формування сценаріїв зв'язку ступеня еродованості з екологічними та економічними показниками: зростанням витрат на добрива та паливно-мастильні матеріали зі збільшенням ступеня еродованості [2, 4];

- зменшення врожайності сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах [16];

- розрахунок екологічних та економічних показників виробництва окремої сільськогосподарської культури для різних ступенів еродованості;

- складання диференційованих за ґрунтозахисними властивостями сівозмін і розрахунок таких їх показників: екологічних (баланс гумусу, ґрунтозахисний коефіцієнт); економічних показників (повної собівартості, рівня рентабельності, чистого прибутку, витрат на забезпечення простого відтворення родючості (бездефіцитний баланс гумусу та мінеральних речовин) і загальний рівень рентабельності та чистий прибуток із урахуванням екологічних витрат) як середньоарифметичний внесок кожної культури;

- закріплення сівозмін за угіддями шляхом вибору за цільовими функціями на основі комбінаторної оптимізації:

- для економічних показників господарства: максимізація чистого прибутку або максимізація середньої рентабельності;

- для економічних показників господарства з урахуванням екологічних витрат: максимізація чистого прибутку або максимізація середньої рентабельності;

- для екологічних показників господарства: мінімізація потенційних втрат ґрунту внаслідок зливи.

За ряду можливих обмежень: значення повної собівартості, втрат ґрунту внаслідок водної ерозії, мінералізації гумусу.

Результатом наведеного вище алгоритму є типологія угідь під види сівозмін.

1. Розрахунок показників для оптимізаційної моделі:

1.1. Витрати на виробництво продукції рослинництва [14]:

$$PC = 3 + \Gamma + A + T_p + V_H + V_O + V_M + V_3 + O + C_T + I + V_{ЗВ} \quad (1)$$

де 3 — оплата праці з нарахуваннями, грн; Γ — вартість паливно-мастильних матеріалів, грн; A — амортизаційні відрахування, грн; T_p — витрати на капітальні та поточні ремонти і технічні обслуговування, грн; V_H — вартість насіння, грн; V_O — вартість органічних добрив, грн; V_M — вартість мінеральних добрив, грн; V_3 — витрати на засоби захисту рослин, грн; O — орендна плата на землю, грн; C_T — страхові платежі, грн; I — інші витрати, грн; $V_{ЗВ}$ — загальновиробничі витрати, грн.

1.2. Витрати на мінеральні добрива (для сценарію № 1):

$$V_M = V_N \times K_N + V_{P_{2O_5}} \times K_{P_{2O_5}} + V_{K_2O} \times K_{K_2O} \quad (2)$$

де V_N , $V_{P_{2O_5}}$, V_{K_2O} — вартість відповідно азотних, фосфорних і калійних добрив, K_N , K_{K_2O} , $K_{P_{2O_5}}$ — коефіцієнти до норм внесення мінеральних добрив залежно від ступеня еродованості ґрунту [2].

1.3. Витрати на паливно-мастильні матеріали (для сценарію № 1):

$$\Gamma = 0,025 \times \Delta i_p \times V_M \quad (3)$$

де 0,025 — коефіцієнт, який враховує збільшення витрат на вирощування сільськогосподарських культур залежно від рельєфу, у відсотках на 1 % збільшення робочого ухилу; Δi_p — різниця робочих ухилів за варіантами проекту, %; V_M — вартість механізованих робіт, грн (у нашому випадку використано вартість паливно-мастильних матеріалів). Початкове (нульове) значення нахилу поверхні угіддя дорівнює 1,75% (1°).

1.4. Чистий прибуток:

$$ЧП = V_{\text{П}} \times K_{\text{ЕЗВ}} - ПС, \quad (4)$$

де $V_{\text{П}}$ — вартість валової продукції, грн; $K_{\text{ЕЗВ}}$ — коефіцієнт зниження врожайності сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах (для сценарію № 2) [16].

1.5. Рівень рентабельності:

$$P = ЧП / ПС \times 100. \quad (5)$$

2. Втрати ґрунту внаслідок водної ерозії під впливом зливи:

Розрахунок потенційних втрат ґрунту внаслідок водної ерозії під впливом зливи 10% забезпеченості проводився на основі гідромеханічної моделі ерозії Ц.Є. Мірцхулаві для угідь агроформування ($W_{\text{х2Т}}$).

$$W_{\text{х2Т}} = W_{\text{х2Т}} \times C \times P \quad [3, 7, 9, 10], \quad (6)$$

де $W_{\text{х2Т}}$ — потенційні втрати ґрунту внаслідок зливи; C — ґрунтозахисний коефіцієнт сільськогосподарської культури (для сівозміни, як середньоарифметичний внесок кожної культури) [11]; P — коефіцієнт заходів агротехніки.

Обмеження по втраті ґрунту не може бути нижчим, ніж максимальне значення втрати ґрунту для угіддя помножене на мінімальне значення ґрунтозахисного коефіцієнта.

3. Баланс гумусу під культурою розраховується за системою рівнянь [1, 21]:

3.1. Гуміфікація поживно-кореневих залишків:

$$Q = U \times K_{\text{ЕЗВ}} \times k_p \times k_g, \quad (7)$$

де U — урожай сільськогосподарської культури, т/га; $K_{\text{ЕЗВ}}$ — коефіцієнт зниження врожайності сільськогосподарських культур на еродованих

ґрунтах (для сценарію № 2) [16]; k_p — коефіцієнт накопичення поживно-корневих залишків відносно врожаю сільськогосподарської культури; k_g — коефіцієнт гуміфікації залишків.

3.2. Мінералізація гумусу:

$$V_1 = G \times H \times d_v \times k_M \times k_k, \quad (8)$$

де G — уміст гумусу в ґрунті, %; H — глибина орного шару, см; d_v — щільність складення ґрунту, г/см³; k_M — коефіцієнт мінералізації гумусу; k_k — відносний індекс біологічної продуктивності.

3.3. Втрати гумусу внаслідок ерозії:

$$V_2 = B_E \times G, \quad (9)$$

де B_E — втрати ґрунту під впливом ерозії, т/га; G — уміст у гумусу у ґрунті, %.

3.4. Баланс гумусу:

$$B_g = Q - V_1 - V_2. \quad (10)$$

4. Екологічні витрати:

Для обох сценаріїв обраховано витрати на відновлення балансу гумусу. Для другого сценарію обраховано втрату поживних речовин, як різницю між потребою в добривах для ґрунтів різного ступеня еродованості та для нееродованого ґрунту. Непрямих витрат (недобір валової продукції) за умов першого сценарію не передбачається. У другому ці витрати будуть відображені в зниженні економічних показників виробництва [6].

Результати та їх обговорення. Skorистаємося показником потенційних втрат ґрунту внаслідок зливи для оптимізації просторового розміщення видів сівозмін на угіддях агроформування.

1. Значення економічних показників виробництва рослинництва (на 2014 р.) для сформованих груп у результаті кластерного аналізу (K — середнє) по відношенню до ерозії ґрунтів

Групи сільськогосподарських рослин	Для нееродованих ґрунтів			C	Коефіцієнт зниження врожайності на еродованих ґрунтах		
	ПС, грн/га	ЧП, грн/га	P, %		ступінь змитості ґрунтів		
					II	III	IV
Кукурудза на зерно	8928	2991±922	22,0±5,9	0,84±0,04	0,74±0,02	0,50±0,00	0,35±0,07
Буряки цукрові	20470						
Соя, горох на зерно	6461±962	2105±508	32,3±3,0	0,70±0,05	0,90±0,00	0,74±0,00	0,54±0,00
Пшениця озима, ячмінь ярий, пшениця яра			22,7±7,0				
	5424±917	1766±938	52,0	0,46±0,09	0,86±0,02	0,68±0,05	0,55±0,08

II — слабоеродовані; III — середньоеродовані; IV — сильноеродовані.

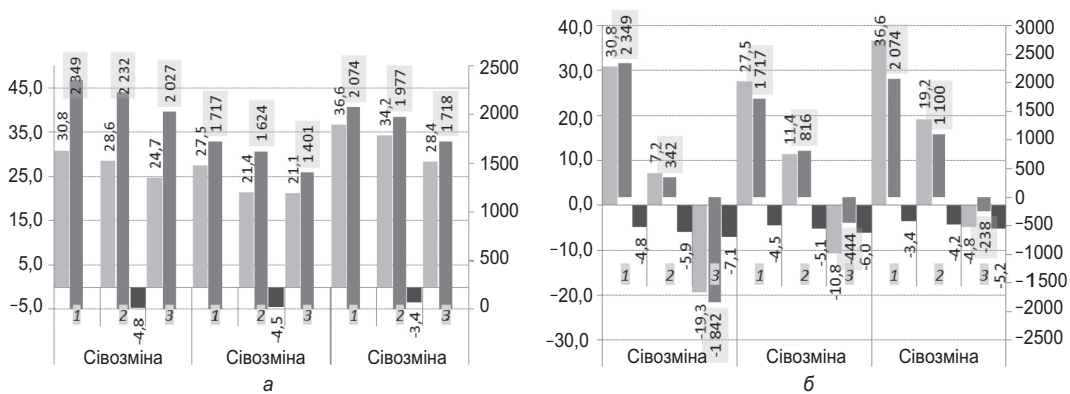


Рис. 1. Екологічні та економічні (на 2014 рік) показники сформованих сівозмін а – за першого сценарію (1 – нееродовані; 2 – слабоеродовані; 3 – середньо- та сильноеродовані); б – за другого сценарію (1 – нееродовані; 2 – слабоеродовані; 3 – середньоеродовані); ■ – рівень рентабельності, %; ■ – баланс гумусу, 10³ т/га; ■ – чистий прибуток, грн (для діаграм а і б)

За наведеними вище формулами розраховано економічні та екологічні показники виробництва для окремих сільськогосподарських культур. Деякі з них наведено у табл. 1, з якої можна зробити неявне припущення про наявність залежності між ґрунтозахисним коефіцієнтом рослини і рівнем рентабельності та чистим прибутком, відповідно — зворотно пропорційної та прямо пропорційної. Більш прибуткові культури мають значний від’ємний відклик на зниження родючості.

Складено 3 контрастні за ґрунтозахисними властивостями сівозміни для Лісостепової частини Харківської обл.: I — горох, пшениця озима, буряки цукрові, пшениця яра, соя, пшениця озима, кукурудза на зерно; II — горох, пшениця озима, ячмінь ярий, соя, пшениця озима; III — горох, пшениця озима, пшениця яра. Коефіцієнт ерозійної небезпеки відповідно I, II та III сівозміни дорівнює 0,61; 0,52; 0,51. Розраховано економічні та екологічні показники виробництва для цих сівозмін (рис. 1).

За даними з рис. 1, б та 2 можна обґрунтувати висновок про низьку економічну рентабельність слабоеродованих та від’ємну для середньоеродованих ґрунтів, якщо показник зниження врожайності достовірно характеризує рівень родючості використуваних схилених ґрунтів.

Остаточо економічні та екологічні показники будуть розраховані при поєднанні з показниками поля при комбінаторній оптимізації. В результаті цієї процедури буде

знайдено сполучення полів з номерами сівозмін, яке дає екстремум шуканої функції при заданих екологічних обмеженнях та кількості полів під сівозміни.

Оптимізоване просторове розміщення сівозмін наведено на рис. 3 (пошук проводився за цільовою функцією максимізація рівня рентабельності виробництва за першого сценарію).

Наведемо економічні та екологічні показники виробництва за різних напрямків оптимізації табл. 2.

З наведеної вище таблиці можна зробити висновок, що напрямок оптимізації

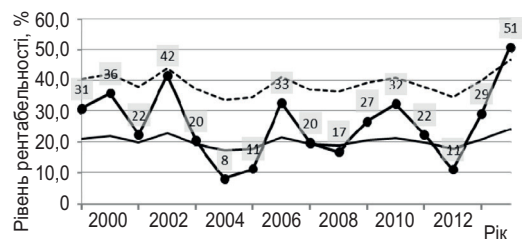


Рис. 2. Графік середньої рентабельності виробництва продукції рослинництва в Україні по роках та розрахунковий рівень рентабельності виробництва на ґрунтах різного ступеня еродованості (якщо графік рівня рентабельності на еродованих ґрунтах знаходиться нижче середньої рентабельності, а виробництво має додатні економічні показники та навпаки); —●— — середній рівень рентабельності; — — на слабоеродованих; ---- — на середньоеродованих

2. Показники виробництва продукції рослинництва (на 2014 р.) за різних напрямів оптимізації на 1 га

Напрямок оптимізації	ЧП, грн	Р, %	W_{x_2T}	B_g	Витрати на просте відтворення родючості, грн		
			середнє по окремих угіддях, т/га		добрива		Р, %
					мінеральні	органічні	
<i>Сценарій № 1</i>							
Макс. чистий прибуток	2019	24,9	2,7	-0,6	—	957	11,7
Макс. рівень рентабельності	1897	28,1	2,6	-0,5	—	832	14,1
Мін. втрати ґрунту внаслідок ерозії	1881	27,3	2,5	-0,5	—	851	13,3
Макс. рівень рентабельності при простому відтворенні родючості	1905	28,1	2,6	-0,5		833	14,1
<i>Сценарій № 2</i>							
Макс. чистий прибуток	480	7,3	2,6	-0,7	1164	182	-10,9
Макс. рівень рентабельності	480	7,3	2,6	-0,7	1164	182	-10,9
Мін. втрати ґрунту внаслідок ерозії	200	3,0	2,5	-0,7	1189	184	-14,5
Макс. рівень рентабельності при простому відтворенні родючості	480	7,3	2,6	-0,7	1164	182	-10,9

з пошуком максимальної рентабельності виробництва подібний напрямку мінімізації втрат ґрунту внаслідок ерозії. Рівень рентабельності виробництва продукції рослинництва зумовлений експлуатацією природної родючості, що призводить до наростання непрямих (вартість недобору продукції) збитків. Серед всіх можливостей оптимізації цієї ситуації є покращення врожайних властивостей насінневого матеріалу. При збільшенні вартості його у 2–3 рази прогнозний ріст врожайності може становити 40–100%.

Проаналізуємо можливі варіанти покращення економічних та екологічних показників виробництва продукції рослинництва. Очевидними напрямками є компенсація впливу обмежуючих показників — мінералізація гумусу, водно-ерозійна безпека сівозміни, рівень родючості еродованих ґрунтів. Для покращення балансу гумусу під рослиною потрібне

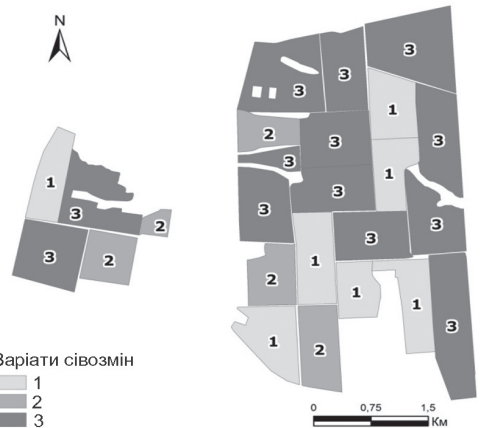


Рис. 3. Оптимізоване просторове розміщення сформованих сівозмін за максимального рівня рентабельності виробництва за першим сценарієм

збільшення врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур [5].

Висновки

Просторове розміщення сівозмін не можна проводити спираючись на одну з груп критеріїв — екологічну або економічну. Комбінаторна оптимізація є раціональним та універсальним інструментарієм просторової оптимізації розміщення сівозмін. Для підвищення економічних та екологічних показників виробництва

продукції рослинництва на схилових землях потрібне зниження значення протиерозійного показника сільськогосподарських культур (проміжні культури, агротехнічні та лісомеліоративні заходи тощо), підвищення рівня родючості еродованих ґрунтів, збільшення врожайності вирощуваних культур.

Бібліографія

1. Греков В.О. Розрахунок балансу гумусу/ В.О. Греков, Л.В. Дацько//Посібник українського хлібороба. — 2008. — С. 202–203.

2. Довідник працівника агрохімслужби/Б.С. Носко, А.О. Христенко, М.В. Лісовий та ін.; за ред. Б.С. Носка. — К.: Урожай, 1991. — 264 с.

3. ДСТУ 7904:2015 Якість ґрунту. Визначення потенційної загрози ерозії під впливом дощів.

4. Землеустроительное проектирование/ С.Н. Волков, В.П. Троицкий, Н.Г. Конокотин и др.; под ред. С.Н. Волкова. — М.: Колос, 1998. — 632 с.

5. Ковтун Ю. Реалізація біопотенціалу сільгоспкультури як показник рівня індустріального землеробства//Техніка і технології АПК. — 2012. — № 11. — С. 31–35.

6. Компанієць В.О. Еколого-економічне обґрунтування територіального розміщення виробництва зерна: методичні аспекти//Бюлетень Ін-ту зернових культур НААН. — 2016. — № 10. — С. 102–109.

7. Куценко М.В. Геосистемні основи регулювання ерозійно-аккумулятивних процесів: геоморфосистемний аспект/М.В. Куценко. — Х.: КП «Міська друкарня», 2012. — 320 с.

8. Математические методы и программы оптимизации использования эродированных земель: [метод. реком.]. — Луганск, 1991. — 39 с.

9. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. — М.: Колос, 1970. — 240 с.

10. Мирцхулава Ц.Е. Водная эрозия почв/Ц.Е. Мирцхулава. — Тбилиси: Мецниереба, 2000. — 420 с.

11. Моргун Ф.Т. Почвозащитное земледелие/ Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикуча, А.Г. Тарарико. — К.: Урожай, 1988. — 256 с.

12. Наказ 02.10.2013 № 395 «Про затвердження методичних рекомендацій щодо розроблення схем землеустрою і техніко-економічних обґрунтувань використання та охорони земель адміністративно-територіальних одиниць»//Землевпорядний вісн. — 2013. — № 10. — С. 46–51.

13. Наказ 02.10.2013 № 396 «Про затвердження

Методичних рекомендацій щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь»//Там само. — 2013. — № 10. — С. 52–63.

14. Нормативи витрат живої та уречевленої праці на виробництво зернових культур/М.Ф.Кисляченко, І.В.Лобастов. — К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2011. — 352 с.

15. Путятин В.П. Модели задач комбинаторной оптимизации для поддержки принятия решений в аграрно-промышленном комплексе [Електронний ресурс]/В.П. Путятин, С.Н. Коваленко//Системи обробки інформації. — 2007. — Вип. 2. — С. 71–75.

16. Справочник по почвозащитному земледелию; под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской. — К.: Урожай, 1990. — 280 с.

17. Статистичний бюлетень «Збір урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv_u/07/Arch_zy_bl.htm

18. Статистичний бюлетень «Основні економічні показники виробництва продукції сільськогосподарства в сільськогосподарських підприємствах» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv_u/07/Arch_%D0%BEehv_bl.htm

19. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві /теорія, методологія, практика / За ред. П.Т. Саблука, Ю.Ф. Мельника, М.В. Зубця, В.Я. Месель-Веселяка (у 2-х т.). — 1-й т. — К.: ННЦ «ІАЕ» УААН, 2008. — 650 с.

20. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві (теорія, методологія, практика); за ред. П.Т. Саблука, Ю.Ф. Мельника, М.В. Зубця, В.Я. Месель-Веселяка (у 2-х т.). — 2-й т. — Там само. — 698 с.

21. Чесняк Г.Я. Параметри гумусного стану ґрунтів/Г.Я. Чесняк, О.О. Бацула, Р.Г. Дерев'янок//Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті. — К.: Урожай, 1987. — С. 125.

Надійшла 9.09.2016.