



# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.4:551.3

© 2015

*В.М. Куценко,*

*кандидат  
географічних  
наук*

*Національний  
науковий центр  
«Інститут  
грунтознавства  
та агрохімії імені  
О.Н. Соколовського»*

## **ПРОСТОРОВА ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ**

**Мета.** Обґрунтувати постановку завдання оптимального розподілу структури сільськогосподарських угідь між адміністративними районами на прикладі Харківської області з метою досягнення максимальних врожаїв завдяки використанню ріллі різного ступеня еродованості. **Методи.** Лінійне програмування, математико-статистичний аналіз. **Результати.** Запропоновано методичний підхід до еколого-економічної оптимізації структури сільськогосподарських угідь на регіональному територіальному рівні, який одночасно враховує економічну доцільність використання ріллі та екологічні вимоги до збереження родючості ґрунтів. Обґрунтовано алгоритм такої оптимізації і наведено її результати для Харківської області. **Висновки.** Просторова оптимізація структури сільськогосподарських угідь є важливим засобом підвищення ефективності використання земельних ресурсів. Розроблений методичний підхід дає змогу враховувати економічну та екологічну складові такої оптимізації. Його доцільно використовувати для ухвалення управлінських рішень під час обґрунтування регіональних програм раціонального використання та охорони земель.

**Ключові слова:** сільськогосподарські угіддя, структура, просторова оптимізація, площі ріллі, захист ґрунтів.

**Актуальність досліджень.** Структура сільськогосподарських угідь є найважливішим важелем збалансування антропогенного навантаження на землі з метою найраціональнішого їх використання. Тому еколого-економічна оптимізація угідь і сівозмін є ключовим завданням сучасного землеустрою. Проте донині вирішення таких завдань залишається проблематичним через суперечливість вимог економічно вигідного використання та збереження ґрунтів. Отже, доцільно розробити

алгоритмічний підхід до здійснення зазначеної оптимізації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасних умовах землекористування проблема запобігання деградації ґрунтів набуває особливої гостроти [2, 3]. Для виконання зазначеного в статті 3 Закону «Про охорону земель» [3] принципу нормування й планомірного обмеження впливу господарської діяльності на земельні ресурси потрібно науково обґрунтувати максимально допустиму площу ріллі на державному,

регіональному й місцевому адміністративно-територіальних рівнях. Найефективнішими заходами з охорони земель вважаються організаційні [4]. Згідно з програмою «Зерно України 2015» в Україні запропоновано вивести з активного обробітку понад 8 млн га ріллі [8]. На жаль, донині не існує переконливих критеріїв ґрунтозахисної консервації земель. У методичних рекомендаціях [6] з метою ґрунтозахисного впорядкування сівозмін запропоновано виведення зі складу ріллі земель з кутами нахилу понад 7°. Це обмеження є важливим, проте недостатнім для ґрунтозахисної оптимізації сільськогосподарських угідь.

М. Коттера зі співавторами в результаті дослідження можливостей планування стало-го землекористування на основі сполучення екологічних оцінок та економічної оптимізації розробив модель на основі лінійного програмування, реалізовану за допомогою системи моделювання GAMS. За допомогою цієї моделі зроблено спробу інтегрувати екологічні обмеження та економічний зиск в єдину систему прийняття рішень оптимізованого землекористування в межах водозбірного басейну ріки Набан субрегіону Великого Меконгу до 2025 р. [11]. Ксіолі Лі, Юнгуї Чен, Даоліанг Лі на основі ГІС-технології розробили систему підтримки управлінських рішень, спрямовану на оптимізацію структури землекористування, до якої входять: геоінформаційна система (ГІС), модулі землекористування, інтерфейс користувача та інструменти планування землекористування. В основу функціонування системи покладено алгоритми лінійного програмування та нечіткої кластеризації, реалізовані на платформі ArcEngine програмного забезпечення [13]. Джун-Фенг Гао, Ченг-Фенг Лі, Хонг-Ху Чжанг розробили систему оптимізації структури сільськогосподарських угідь на основі досягнення максимально можливого доходу для провінції Цзянсу Китаю, яка за допомогою ГІС враховує просторовий розподіл поживних речовин у ґрунтах, нахили та експозицію рельєфу, характер землекористування та інші чинники. Певним недоліком такої оптимізації є те, що вона не враховує екологічну складову землекористування [12]. Відомий методичний підхід до системної ґрунтозахисної оптимізації структури сільськогосподарських угідь [5] передбачає алгоритмічну оптимізацію співвідношення та розподілу сільськогосподарських угідь на державному та регіональному рівнях просторової деталізації, але не враховує її економічну складову. Доведено, що збитки від зниження

врожайів через зменшення родючості еродованих ґрунтів сягають значних розмірів [10].

**Мета досліджень** — обґрунтувати універсальний методичний підхід до комплексної просторової оптимізації структури сільськогосподарських угідь адміністративної області. Визначити оптимальні площі ріллі для адміністративних районів Харківської області.

**Методи досліджень.** Лінійне програмування, математико-статистичний аналіз.

**Результати досліджень.** Розглянемо завдання комплексної просторової оптимізації структури сільськогосподарських угідь на регіональному рівні як постановку розподільного завдання оптимізації. Найприйнятнішим є алгоритм, що передбачає диференційоване врахування впливу еродованих земель на родючість ґрунтів і комплексний еколого-економічний підхід до розв'язання проблеми. Цільова функція цього завдання — мінімальна загальна ймовірність ерозії та максимальне використання природної родючості ґрунтів у результаті розподілу визначеної для областей структури сільськогосподарських угідь між районами.

Для зручності постановки задачі в 1-му рядку матриці визначатимемо рілля, в 2-му — багаторічні насадження, а в 3-му — сінокоси та пасовища. Нехай  $u_{nj}$  — середня урожайність зернових на нееродованих землях;  $u_{cj}$  — середня урожайність зернових у адміністративному районі  $j$ . Розраховані на основі даних табл. 1 коефіцієнти перерахунку врожайності

### 1. Коефіцієнти перерахунку врожайності на еродованих ґрунтах щодо нееродованих [10]

Сільськогосподарські культури	Ступінь еродованості ґрунтів		
	Слабо-еродовані	Середньо-еродовані	Сильно-еродовані
Зернові:			
ярі	0,80	0,45	0,20
озимі	0,85	0,55	0,35
Трави:			
однорічні	0,85	0,65	0,35
багаторічні	0,90	0,85	0,60
Буряк			
кормовий	0,80	0,30	0,10
Кукурудза			
на силос	0,80	0,60	0,15
Картопля	0,80	0,30	0,10
Овочі	0,80	0,30	0,10
Соняшник	0,75	0,45	0,25
Буряк			
цукровий	0,85	0,40	0,15

на еродованих ґрунтах щодо нееродованих у середньому для зернових мають такі значення: для слабоеродованих ґрунтів — 0,83, середньоеродованих — 0,51, сильноеродованих — 0,29.

Враховуючи коефіцієнти табл. 1, середню врожайність зернових, пов'язану з урожайністю на ґрунтах різного ступеня еродованості, можна визначити за формулою:

$$y_{cj} = (p_1 y_n)_j + 0,83(p_2 y_n)_j + 0,51(p_3 y_n)_j + 0,29(p_4 y_n)_j, \quad (1)$$

де  $y_{cj}$  — середня врожайність зернових в адміністративному районі  $j$ , ц/га;  $y_{nj}$  — урожайність зернових на нееродованих землях, ц/га;  $p_1$  —  $p_4$  — частки ріллі  $j$ -го району відповідного ступеня еродованості ( $p_1$  — нееродовані;  $p_2$  — слабоеродовані;  $p_3$  — середньоеродовані;  $p_4$  — сильноеродовані);  $y_n$  — урожайність зернових на нееродованих землях. Звідси урожайність зернових на нееродованих землях

можна розрахувати за такою формулою:

$$y_{nj} = \frac{y_{cj}}{p_1 + 0,83p_2 + 0,51p_3 + 0,29p_4}. \quad (2)$$

Напевно, ступінь еродованості ґрунтів прямо пропорційний ризику ерозії, а для раціонального використання земельних ресурсів потрібно зменшувати цей ризик. Отже, максимально можливе залучення до ріллі нееродованих і слабоеродованих земель, з одного боку, зменшує загальний ризик ерозії, з іншого, дає змогу максимально використовувати природну родючість ґрунтів у сільському господарстві. Цільова функція задачі еколого-економічної оптимізації просторового розподілу сільськогосподарських угідь у межах адміністративних районів області має вигляд:

$$f_{\max} = \sum_{j=1}^m y_{nj} (p_1 + 0,83p_2 + 0,51p_3 + 0,29p_4)_j x_{ij}, \quad (3)$$

де  $f_{\max}$  — максимальна урожайність зернових,

## 2. Середня врожайність зернових і розподіл ріллі за ступенем еродованості між районами Харківської обл.

Район	$y_{cj}$ , ц/га	$y_n$ , ц/га	Усього угідь, га	Частка ріллі за еродованістю			
				$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$
Балаклійський	24	26	144264	0,58	0,384	0,032	0,004
Барвінківський	24	27	119990	0,56	0,372	0,053	0,015
Близнюківський	20	22	125444	0,56	0,395	0,039	0,006
Богодухівський	27	29	88860	0,65	0,318	0,029	0,004
Борівський	21	23	67370	0,60	0,354	0,042	0,004
Валківський	27	30	82463	0,55	0,400	0,044	0,006
Великобурлуцький	25	28	104753	0,56	0,382	0,055	0,003
Вовчанський	23	25	138338	0,57	0,363	0,062	0,004
Дворічанський	22	25	87561	0,46	0,454	0,080	0,006
Дергачівський	22	25	59374	0,41	0,495	0,085	0,010
Зачепилівський	27	28	69469	0,80	0,165	0,032	0,002
Зміївський	23	25	74467	0,61	0,313	0,072	0,006
Золочівський	28	31	79065	0,47	0,490	0,037	0,003
Ізюмський	24	27	97856	0,48	0,452	0,062	0,007
Кегичівський	29	31	69669	0,74	0,220	0,038	0,002
Коломацький	26	29	25089	0,55	0,400	0,044	0,006
Красноградський	33	35	79365	0,67	0,296	0,033	0,001
Краснокутський	24	26	74867	0,70	0,272	0,025	0,003
Куп'янський	25	29	97457	0,43	0,462	0,103	0,005
Лозівський	24	26	121146	0,63	0,324	0,040	0,006
Нововодолазький	26	29	92459	0,56	0,386	0,047	0,006
Первомайський	23	25	103154	0,61	0,353	0,035	0,003
Печенізький	20	22	29987	0,59	0,379	0,028	0,003
Сахновщинський	24	26	105153	0,64	0,301	0,053	0,006
Харківський	24	27	99656	0,55	0,387	0,059	0,004
Чугувський	30	33	81864	0,59	0,379	0,028	0,003
Шевченківський	22	27	85562	0,58	0,370	0,048	0,004

ц/га;  $x_{1j}$  — площа ріллі в межах адміністративного району  $j$ , га. Інші умовні позначення залишилися без змін.

Сенс цільової функції (3) полягає в максимальному залученні до ріллі земель з найвищим бонітетом, які одночасно є найменш еродованими.

Обмеження задачі такі:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = S_i; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = S_j; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = S; \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad (7)$$

$$x_{2j} = F_j; \quad (8)$$

$$x_{3j} \geq q_{\min} x_{ij}, \quad (9)$$

де  $x_{ij}$  — площа  $i$ -го угіддя в межах  $j$ -го району, га;  $S_i$  — площа  $i$ -го угіддя в межах області, га;

$S_j$  — площа сільськогосподарських угідь у межах  $j$ -го району, га;  $S$  — площа сільськогосподарських угідь у межах адміністративної області, га;  $x_{2j}$  — площа багаторічних насаджень у межах  $j$ -го району, га;  $x_{3j}$  — площа пасовищ і сіножатей у межах  $j$ -го району, га;  $q_{\min}$  — мінімальна частка площ пасовищ і сіножатей в угіддях районів (для Харківської обл. — 0,07).

Обмеження (4)–(7) є необхідними складовими поставленої розподільчої задачі закритого типу. Обмеження (8) зумовлено тим, що площі багаторічних насаджень фактично не змінюються у часі [1, 9]. Обмеження (9) введено з екологічних міркувань. Вхідну інформацію для оптимізації угідь Харківської області наведено в табл. 2. Середню урожайність зернових розраховано за статистичними даними за 1995–2011 рр. [9].

Структуру сільськогосподарських угідь Харківської обл. визначено вирішенням оптимізаційної задачі на державному рівні — за

### 3. Оптимальний розподіл площ ріллі між районами Харківської обл.

Район	Площа ріллі фактична, га ( $x_i$ )	Площа ріллі, оптимізована екстенсивним способом ( $x_{oe}$ )	$x_{oe} - x_i$ , га	Площа ріллі, оптимізована інтенсивним способом ( $x_{oi}$ )	$x_o - x_i$ , га
Балаклійський	114300	65525	-48775	116760	+2460
Барвінківський	88500	52424	-36076	93416	+4916
Близнюківський	103100	57002	-46098	101573	-1527
Богодухівський	77100	40209	-36891	71650	-5450
Борівський	54700	30063	-24637	53570	-1130
Валківський	66700	36710	-29990	65414	-1286
Великобурлуцький	83900	47822	-36078	85215	+1315
Вовчанський	108400	61013	-47387	108721	+321
Дворічанський	65700	40081	-25619	71422	+5722
Дергачівський	44300	26170	-18130	46632	+2332
Зачепилівський	55700	31627	-24073	56357	+657
Зміївський	53200	33414	-19786	59542	+6342
Золочівський	65900	35872	-30028	63922	-1978
Ізюмський	74000	44691	-29309	79636	+5636
Кегичівський	61500	31677	-29823	56445	-5055
Коломацький	22000	11460	-10540	20421	-1579
Красноградський	66000	36010	-29990	64168	-1832
Краснокутський	63000	33812	-29188	60251	-2749
Куп'янський	74000	43823	-30177	78090	+4090
Лозівський	102600	54810	-47790	97668	-4932
Нововодолазький	75300	42036	-33264	74905	-395
Первомайський	82400	46787	-35613	83371	+971
Печенізький	24300	13484	-10816	24027	-273
Сахновщинський	86200	47493	-38707	84630	-1570
Харківський	71200	41716	-29484	74335	+3135
Чугуївський	66900	36476	-30424	64999	-1901
Шевченківський	69100	39204	-29896	69859	+759

екстенсивним ( $S = 1081413$  га) та інтенсивним ( $S = 1927000$  га) сценаріями охорони ґрунтів від ерозії [5]. Визначено результат оптимального розподілу площі ріллі Харківської обл. між районами у 2-х зазначених варіантах (табл. 3). Фактичні площі ріллі наведено за станом на 2011 р. [9].

Екстенсивний сценарій охорони ґрунтів передбачає запобігання ерозії завдяки залученню до ріллі виключно ерозійно безпечних земель, інтенсивний — завдяки дотриманню ерозійно безпечного складу сівозмін для запобігання розмиву наявних площ ріллі. За інтенсивним сценарієм максимально допустимий коефіцієнт ерозійної небезпеки ріллі для Харківської області становить 0,34, що відповідає ґрунтозахисному

ефекту пшениці озимої [7].

Екстенсивний сценарій захисту ґрунтів потребує вилучення значних площ земель зі складу ріллі (37–48% від наявних). У Балаклійському, Близнюківському, Вовчанському та Лозівському районах такі площі становитимуть понад 46 000 га. Інтенсивний сценарій розв'язання проблеми захисту ґрунтів від ерозії також є мало реалістичним через економічну недоцільність штучного досягнення потрібної ґрунтозахисної ефективності сівозмін. Тому у подальшому, на основі запропонованого методичного підходу, потрібно знайти більш збалансоване рішення, що залежить від запланованих для області показників врожаю сільськогосподарських культур.

## **Висновки**

*Просторова оптимізація структури сільськогосподарських угідь є важливим засобом підвищення ефективності використання земельних ресурсів. Розроблений методичний підхід дає змогу враховувати економічну та екологічну складові такої оптимізації. Оскільки проблему оптимізації структури сільськогосподарських угідь затверджено як одну з важливих умов сталого розвитку сільського господарства України*

*на рівні земельного законодавства, то має сенс використовувати універсальний алгоритм її розв'язання. Для оптимального використання агроресурсного потенціалу Харківської обл. доцільно трансформувати структуру ріллі за районами. Запропонований підхід доцільно використовувати під час обґрунтування регіональних програм раціонального використання та охорони земель.*

## **Бібліографія**

1. База даних ФАО [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>.
2. Закон України «Про охорону земель»// Урядовий кур'єр. — 2003. — № 144.
3. Земельний кодекс України//Сільський час. — 2001. — № 66 (268).
4. Канах О.П. Екологічні погляди на певні економічні проблеми землекористування/О.П. Канах// Землеустрій і кадастр. — 2006. — № 1. — С. 32–34.
5. Куценко М.В. Ґрунтозахисна оптимізація структури сільськогосподарських угідь/М.В. Куценко, О.В. Круглов// Вісн. аграрної науки. — 2014. — № 1. — С. 51–54.
6. Методичні рекомендації щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне впорядкування сівозміни та впорядкування угідь//Землевпорядний вісн. — 2013. — № 10. — С. 52–63.
7. Моргун Ф.Т. Почвозащитное земледелие/Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикла, А.Г. Тарарико. — К.: Урожай, 1988. — 256 с.
8. Програма «Зерно України 2015». — К.: ДІА, 2011. — 48 с.
9. Харківська область у 2011 році: Статистичний щорічник/Держкомстат України, Головне управління статистики у Харк. обл. — Х.: Голов. упр. статистики у Харк. обл. — 2012. — 1 о = ел. Опт. диск (CD-ROM). — Б.ц.
10. Эколого-экономические проблемы сельскохозяйственного производства; под ред. О.Ф. Балацкого. — К.: Урожай, 1992. — 144 с.
11. Designing A Sustainable Land Use Scenario Based On A Combination Of Ecological Assessments And Economic Optimization/M. Cottera, K. Berkhoff, T. Gibreel et al./Ecological Indicators. — 2014. — V. 36. — P. 779–787.
12. Jun-feng Gao. Soil spatial analysis and agricultural land use optimization by using GIS/Jun-feng Gao, Chang-feng Li, Hong-hui Zhang//Chinese Geographical Science. — 2003. — V. 13, Iss. 1. — P. 25–29.
13. Xiaoli Li. A Spatial Decision Support System For Land-Use Structure Optimization/Xiaoli Li, Yingyi Chen, Daoliang Li//J. WSEAS TRANSACTIONS ON COMPUTERS. — 2009. — V. 8, Iss. 3. — P. 439–448.

*Надійшла 17.03.2015.*