

УДК 330:631.1:338.4

Л. І. Катан,

д. е. н., професор, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

В. О. Катан,

к. ф-м. н., доцент, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВ АГРАРНОЇ СФЕРИ В ДОСЯГНЕННІ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

L. Katan,

PhD, Professor, Dniprovsk State Agrarian and Economy University, Ukraine

V. Katan,

PhD, Associate Professor, Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine

### ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING OF BALANCED USE OF AGRICULTURAL LAND IN THE FRAMEWORK OF CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

У роботі запропоновано застосування еколого-економічного підходу для побудови економіко-математичної моделі збалансованого використання сільськогосподарських угідь підприємств регіону через оптимізацію складу та структури посівних площ на основі еколого-економічного зонування з урахуванням сівозмін, консервації земель та заходів з їх охорони.

The paper presents the application of ecological- economic approach to create a economic-mathematical model of sustainable use of agricultural land of companies in the region through the optimization of structure of sown areas, which is based on ecological- economic zoning in accordance with crop rotation, land conservation and measures for land protection.

*Ключові слова:* агроландшафт, еколого-економічне зонування, консервація земель, економіко-математичне моделювання.

*Keywords:* agriculture, agrolandscape, ecological-economic zoning, land conservation, economic-mathematical modeling.

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

За нинішньої продовольчої кризи у світі, яка, за оцінками фахівців, посилюватиметься появою нових ринкових можливостей, слід очікувати подальшої інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, що призведе до поглиблення екологодеструктивних наслідків аграрної діяльності: відмови від сівозмін і відведення землі під пар; звуження спеціалізації аграрного виробництва, надання переваги вирощуванню комерційних культур і витіснення кормових культур; збільшення навантаження на пасовища та загалом формування екологічно-несприятливих агроландшафтів, зі скороченням у них природних елементів; розширення застосування агрохімікатів; посилення концентрації земель, укрупнення господарств, поглиблення районування виробництва.

#### МЕТА СТАТТІ

Метою та завданнями даної статті є розробка економіко-математичної моделі оптимізації структури сільськогосподарських угідь на еколого-економічних засадах, що дозволить поступово переходити на модель сталого розвитку підприємств аграрної сфери та спонукати сільськогосподарських товаровиробників до застосування ресурсоекономних технологій, підтримання родючості ґрунтів, оптимізації складу та структури ріллі, сіножатей, пасовищ, багаторічних насаджень тощо.

#### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Резолюцією Генеральної асамблеї ООН про порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 р. світова спільнота визнала визначила 17 цілей, серед яких роль підприємства

**Таблиця 1. Еколого-економічне зонування Дніпропетровської області**

№ зони	Райони, які включаються до складу зони
1	Магдалинівський, Новомосковський, Царичанський, Петриківський райони
2	Верхньодніпровський, Дніпропетровський, Криничанський
3	Петропалівський, Васильківський, Синельниківський, Павлоградський, Юр'ївський райони
4	Покровський, Межівський райони
5	П'ятихатський, Солонянський, Томаківський, Криворізький
6	Нікопольський, Апостолівський, Софіївський, Широківський

Джерело: розроблено авторами з використанням [6].

**Таблиця 2. Прогнозована урожайність основних сільськогосподарських культур за зонами області, ц/га**

Зона	Пшениця	Кукурудза	Ячмінь	Соняшник	Цукрові буряки
1	55	58	41	24	465
2	47	46	45	18	247
3	44	34	35	20	209
4	41	40	30	27	-
5	48	43	46	20	-
6	50	35	40	18	-

Джерело: на основі власних досліджень авторів з використанням [7].

аграрної сфери є особливою, тому що їх продукція забезпечує продовольчу безпеку та сприяють подоланню проблеми голоду [1]. За даними ООН, майже десята частина населення землі недоїдає, кожен восьмий з десяти бідних проживає у сільській місцевості, а щоб прогодувати населення в 9 млрд осіб, за прогнозами Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН FAO (Food and Agriculture Organization), необхідно збільшити обсяги сільськогосподарського виробництва до 2025 р. на 60% [2].

Один із системних чинників гальмування формування та вдосконалення збалансованого використання сільськогосподарських угідь у контексті концепції сталого розвитку підприємств аграрної сфери в Україні є нераціональне використання сільськогосподарських угідь (агроланшафтів) у галузях рослинництва,

яке призводить до суттєвого екодеструктивного впливу аграрного виробництва на навколишнє середовище та формування реакційних лісопольових агроланшафтів.

Існує значна кількість публікацій, в яких вченими-аграріями обґрунтовується необхідність вилучення з інтенсивного обробітку частки ріллі, зосередивши наявний ресурсний потенціал на меншій площі, однак з більшою ефективністю. На думку І.І. Черевеня та О.В. Шебаніної, для причорноморських областей доцільно, щоб питома вага зернових культур у загальній посівній площі сільськогосподарських підприємств складала не більше 55% [3]. В країнах ЄС екологічно збалансованими вважаються аграрні землекористування, в яких частка ріллі становить від 50 до 70 % від загальної площі сільськогосподарських угідь [4]. Середня частка природних кормових угідь у структурі сільськогосподарських угідь країн ЄС становить 39,3 %, зокрема у Франції — 36,6%, Німеччині — 30,4 %, Великій Британії — 63,1% [5]. В Україні ж частка природних кормових угідь у структурі сільгоспугідь, за даними Державного агентства із земельних ресурсів, становить близько 19 %.

У цьому дослідженні запропоновано здійснювати моделювання структури посівних площ на основі еколого-економічного зонування сільськогосподарських угідь (на прикладі Дніпропетровської області), сутність якої полягає в тому, що збільшення продуктивності галузі рослинництва визначається "еколого-біологічною відповідністю між рослинами, які культивуються на цій території, та якістю навколишнього природного середовища цієї території" [6].

Суттєвою відмінністю запропонованої моделі від класичної моделі оптимізації посівних площ є те, що розподіл посівних площ сільськогосподарських культур здійснюється між зонами. Реалізація моделі дозволить знайти резерви для вивільнення земель з метою

**Таблиця 3. Обмеження із розподілу посівних площ за зонами, тис. га\***

Зона	Наявний фактичний ресурс посівної площі, яка може бути використана під посіви	Площа, відведена під		**в їх складі максимум посівної площі під соняшник
		посіви**	консервацію	
1	254,8	224	30,8	28,00
2	200	176	24	22,00
3	377,3	332	45,3	41,50
4	136,5	120	16,5	15,00
5	323,4	284,6	38,8	35,58
6	311,9	274,5	37,4	34,31
Разом по області	1603,9	1411,1	192,8	176,39

Джерело: на основі власних досліджень авторів.

Таблиця 4. Оптимальний розподіл посівних площ основних культур за зонами Дніпропетровської області (варіант 1), тис. га

Культури	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4	Зона 5	Зона 6
Пшениця	0	95,6	96,9	0	0	240,2
Кукурудза	181,5	1,4	0	0	0	0
Ячмінь яровий	0	57	0	0	249	0
Соняшник	28	22	41,5	15	35,6	34,3
Цукровий буряк	14,5	0	0	0	0	0
Разом оптимізована площа посівів	224	176	138,4	15	284,6	274,5
Відведена площа під посіви	224	176	332	120	284,6	274,5
Вільна площа	-	-	193,6	105	-	-
Землі під консервацію	30,8	24	45,3	16,5	38,8	37,4

Джерело: на основі власних досліджень авторів.

їхньої консервації та подальшої трансформації в луки та пасовища при оптимізації агроландшафтів.

Як результат застосування зазначених методичних основ територія Дніпропетровської області на основі детального аналізу ґрунтових, кліматичних та погодних умов була поділена на шість зон (табл. 1).

Розрахунки проводилися за найбільш важливими для сільськогосподарських підприємств Дніпропетровської області культурами, а саме: ярові та озимі пшениці і ячмінь, кукурудза, соняшник, цукровий буряк. Їх питома вага в структурі посівних площ дорівнювала у 2017 р. 86—98 %. Таким чином, вони значною мірою віддзеркалювали реальну ситуацію з використанням сільськогосподарських угідь у всіх категоріях господарств.

Проведений статистичний аналіз урожайностей зазначених вище сільськогосподарських культур по кожній зоні дозволив одержати прогнози значення урожайності, які можуть бути досягнуті відповідно до умов кожної зони з урахуванням їх потенційних можливостей (табл. 2).

При формуванні обмежень із розподілу посівних площ для кожної зони припускалося, що:

- загальна посівна площа всіх основних культур не перевищує наявний ресурс посівної площі;
- 12% від наявної посівної площі направляється для подальшої консервації;
- 12,5% від площі відведеної під посіви надається під соняшник (табл. 3).

Для запису структурної економіко-математичної моделі постановка задачі формулювалась наступним чином: необхідно оптимізувати розміщення посівних площ  $m$  основних сільськогосподарських культур в  $n$  зонах, використовуючи при цьому мінімальну площу та забезпечуючи випуск продукції, який би гарантував продовольчу безпеку області.

Для побудови моделі задачі вводимо такі позначення:

$x_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ ) — невідома змінна, що позначає площу  $i$ -ї сільськогосподарської культури в  $j$ -ій зоні.

$Y_{ij}$  ( $i = \overline{1, K}; j = \overline{1, n}$ ) — додаткова змінна, що позначає потребу в  $i$ -му виробничому ресурсі для  $j$ -ої зони;

$K$  — загальна кількість виробничих ресурсів (обсяги ріллі, матеріальних, фінансових, трудових та ін.).

$u_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ ) — прогнозна урожайність  $i$ -ї сільськогосподарської культури в  $j$ -ій зоні;

$S_j$  — загальна площа, яка може бути відведена під виробництво продукції  $m$  основних сільськогосподарських культур в  $j$ -ій зоні;

$T_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) — загальний плановий обсяг виробництва продукції  $i$ -ї культури, який забезпечує продовольчу безпеку області;

$r_{ij}$  та  $R_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ ) — мінімальний та максимальний розміри площі  $i$ -ї сільськогосподарської культури в  $j$ -ій зоні;

$c_{ij}^{(l)}$  ( $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; l = \overline{1, K}$ ) — норми витрат  $l$ -го виробничого ресурсу на одиницю площі  $i$ -ї сільськогосподарської культури в  $j$ -ій зоні.

Цільова функція, яка дорівнює загальній площі, відведеної під основні культури для всієї області повинна досягти мінімуму:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \rightarrow \min \quad (1),$$

— за невід'ємними значеннями змінних, включених в задачу:

$$x_{ij} \geq 0, Y_{ij} \geq 0 \quad (2),$$

— в умовах наступних обмежень:  
— з урахуванням необхідності гарантованого випуску продукції для забезпечення і продовольчої безпеки області:

$$\sum_{j=1}^n u_{ij} x_{ij} \geq T_i \quad (i = \overline{1, m}) \quad (3),$$

— з урахуванням визначення потреби в виробничих ресурсах по зонах:

Таблиця 5. Оптимальний розподіл посівних площ основних культур за зонами Дніпропетровської області (варіант 2), тис. га

Культури	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4	Зона 5	Зона 6
Пшениця	55,8	25,8	86,3	54,2	65	146,4
Кукурудза	100,3	12,8	53,8	6,5	34,2	17,2
Ячмінь яровий	28,6	35,7	57,9	18,2	149,8	45,6
Соняшник	28	22	41,5	15	35,6	34,3
Цукровий буряк	11,2	6,1	0	0	0	0
Разом оптимізована площа посівів	223,9	102,4	239,5	93,9	284,6	243,5
Відведена площа під посіви	224	176	332	120	284,6	274,5
Вільна площа	0,1	73,6	92,5	26,1	0	31
Землі під консервацію	30,8	24	45,3	16,5	38,8	37,4

Джерело: на основі власних досліджень авторів.

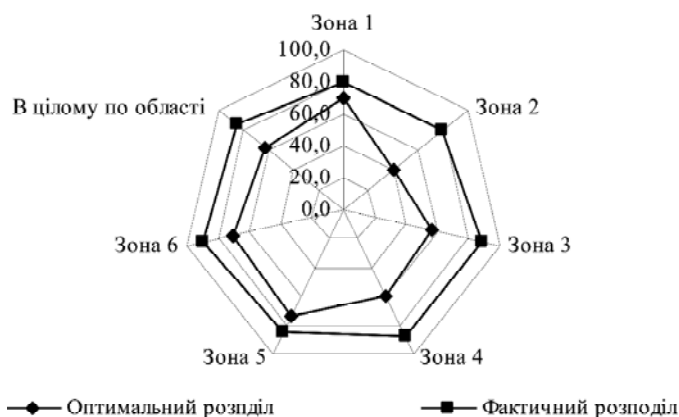


Рис. 1. Порівняння фактичного та оптимального розподілу частки зернових та технічних культур у структурі посівів по зонах та в цілому по області, у % до загальної площі посівних площ за зонами та області

Джерело: на основі власних досліджень авторів.

$$\sum_{i=1}^m c_{ij}^{(l)} x_{ij} - Y_{ij} \quad (j=1, n; l=1, K) \quad (4)$$

— з урахуванням мінімального та максимального розміру площі  $i$ -ї сільськогосподарської культури в  $j$ -ій зоні:

$$r_{ij} \leq x_{ij} \leq R_{ij} \quad (i=1, m; j=1, n) \quad (5)$$

Розрахунки проводилися в середовищі електронних таблиць Microsoft Excel з використанням інструментарію "Поиск решения" для двох варіантів:

перший варіант — без врахування вимог щодо збільшення обсягів виробництва зернових в області; другий варіант — збільшення обсягів виробництва зерна для забезпечення продовольчої безпеки держави та Дніпропетровської області;

другий варіант — передбачав пріоритетний розвиток рослинництва, що покладено в основу Єдиної комплексної стратегії та плану дій розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період 2015—2020 роки. [8].

На державному рівні реалізація цієї стратегії до 2020 року передбачає збільшити вироб-

ництво зернових в 1,4 рази проти 1990 р., а в Дніпропетровській області заплановано збільшення виробництва зернових в 1,15 рази при зростанні врожайності зернових на 14 ц/га (53%), а соняшнику на 5 ц/га (33%) [9].

Результати розрахунків наведено в таблицях 4, 5.

Уряд у таблиці 5 "Вільна площа" наводять розміри посівних площ, які необхідно вилучити з обробки, для того щоб зменшити екодеструктивний вплив на агроландшафти тобто сприяти формуванню системи раціонального землекористування. Аналіз одержаних результатів свідчить, що загальна площа, яка відводиться під дані культури, складає 1411,1 тис. га. При оптимальному розміщенні культур зайнята площа може скласти всього 1112,5 тис. га, тобто посівна площа може бути зменшена на 298,6 тис. га, тобто на 21%.

Аналіз одержаних результатів, показує, що при оптимальному розміщенні культур площа посівів зменшується з 1411,1 тис. га до 1187,8 тис. га або на 223,3 тис. га, тобто площа оброблюваних земель зменшилась на 15,8%. Таким чином, оптимальна частка посівних площ зайнятих під зернові та технічні культури в загальному обсязі посів по зонах зменшилась в порівнянні з фактичними показниками і складає: зона 1 — 70,4% (проти 80,1%); зона 2 — 40,2% (проти 78,5%); зона 3 — 56% (проти 88,3%); зона 4 — 60,6% (проти 88,1%); зона 5 — 74,3% (проти 84,1%); зона 6 — 70,3% (проти 90,1%), що в цілому по області призвело до зниження частки зернових та технічних культур в структурі посівів з 85,1% до 63,0% (рис. 1).

Крім того, на консервацію земель відводилося 192,8 тис. га (табл. 4). Таким чином, загальний обсяг вивільненої з інтенсивної обробки посівної площі складає 416,1 тис. га (192,8 + 223,3) Цілком зрозуміло, що вилучені з інтенсивної обробки посівні площі з метою подальшої їх консервації, переведення в луки, пасовища будуть сприяти збалансованому використанню сільськогосподарських угідь та змен-

шенню екодеструктивного впливу аграрного виробництва на агроландшафти. Підтвердженням тому є зменшення коефіцієнта розораності сільськогосподарських угідь з 0,92 ((1884,9 + 138,7)/2199,4)) до 0,73 (1884,9 + 138,7 — 416,1).

Економічна ефективність запропонованого рішення щодо організації збалансованого використання сільськогосподарських угідь регіону через оптимізацію структури посівних площ на основі еколого-економічного зонування з врахуванням сівозмін та консервації земель полягає: в зростанні валового збору зернових та технічних культур на 18 % (на 863,2 тис. т), урожайності пшениці на 11,2 ц/га, кукурудзи — 6,5 ц/га, ячменю — 10,3 ц/га, соняшнику — 4,1 ц/га, що відповідає стратегічним напрямкам розвитку підприємств аграрної сфери Дніпропетровської області.

### ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Економіко-математичне моделювання виробничою структури підприємств аграрної сфери з метою зменшення екодеструктивного впливу аграрного виробництва на агроландшафти в контексті концепції сталого розвитку аграрної сфери повинно здійснюватися з використанням еколого-економічного зонування, саме такий підхід дозволить підвищити економічну ефективність діяльності аграрних підприємств та створити умови для переходу на модель сталого розвитку.

#### Література:

1. Цілі сталого розвитку 2016—2030 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>
2. Офіційний сайт Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Term Portal — 2016 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.fao.org/faoterm/en/?defaultCollId=2>
3. Червен І.І. Основні напрями оптимізації обсягів виробництва вітчизняної продукції / І.І. Червен, О.В. Шебаніна // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — 2007. — № 2 (40). — С. 3—10.
4. Natutal resource and environmental economics / [Roger Perman, Yue Ma, James McGilvray, Michael Commonion]. — Pearson Education Limited, the 3ed editon. — 699 p.
5. Дорогунцов С.І. Екологія: підручник [Електронний ресурс] / С.І. Дорогунцов, К.Ф. Коценко, М.А. Хвесик та ін. — К.: КНЕУ, 2005. — 371 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://buklib.net/books/23305/>

6. Лазаренко П.І. Еколого-біологічні основи сільськогосподарського районування території / П.І. Лазаренко. — Дніпропетровськ: Пороги, 1995. — 476 с.

7. Статистичний щорічник Дніпропетровської області за 2016 рік / За ред. О.М. Шпильової. — Дніпропетровськ, 2017. — 531 с.

8. Єдина комплексна стратегія та план дій розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на 2015—2020 роки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/node/16025>

9. Стратегія розвитку Дніпропетровської області на період до 2020 року [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.ige-ho.ua/doc/PR\\_2020\\_30112015.pdf](http://www.ige-ho.ua/doc/PR_2020_30112015.pdf)

#### References:

1. UN House in Ukraine (2016), "Sustainable Development Objectives 2016—2030", available at: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku> (Accessed 25 Feb 2018).
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016), "Term Portal", available at: <http://www.fao.org/faoterm/en/?defaultCollId=2> (Accessed 25 Feb 2018).
3. Cherven, I.I. and Shebanina, O.V. (2007), "Main directions of optimization of production volumes of domestic products", *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*, vol. 2 (40), pp. 3—10.
4. Perman, R. Ma, Y. McGilvray, J. and Commonion, M. (2003), *Natutal resource and environmental economics*, Pearson Education Limited, 3ed ed., London, UK.
5. Dorohuntsov, S.I. Kotsenko, K.F. and Khvesyk, M.A. (2005), *Ekolohiia [Ecology]*, KNEU, Kyiv, Ukraine.
6. Lazarenko, P.I. (1995), *Ekoloho-biologichni osnovy sil's'kohospodars'koho rajonuvannia terytorii [Ecological and biological foundations of agricultural area zoning]*, Porohy, Dnipropetrovs'k, Ukraine.
7. Shpil'ova, O.M. (2017), *Statystychnyj scho-richnyk Dnipropetrovs'koi oblasti za 2016 rik [Statistical Yearbook of the Dnipropetrovsk region in 2016]*, Dnipropetrovs'k, Ukraine.
8. Ministry of agrarian policy and food of Ukraine (2015), "Strategy for agriculture and rural development 2015—2020", available at: <http://minagro.gov.ua/node/16025> (Accessed 25 Feb 2018).
9. Psar'ov, O.S. (2015), "Strategy for the development of Dnipropetrovsk region up to 2020", available at: [http://www.ige-ho.ua/doc/PR\\_2020\\_30112015.pdf](http://www.ige-ho.ua/doc/PR_2020_30112015.pdf) (Accessed 25 Feb 2018).  
*Стаття надійшла до редакції 03.03.2018 р.*