

6. Freund Y. and R. E. Schapire. «Game theory, On-line prediction and boosting», Proceedings of the Ninth Annual Conference on Computational Learning Theory, 1996, p. 325 – 332, Decenano del Garda, Italy.

7. Schapire R. E. «The strength of weak learnability», Machine Learning, 1990, vol. 5, p. 197 – 227.

8. Лысенко Ю. Г., Минц А. Ю., Стасюк В. Г. Поиск эффективных решений в экономических задачах.– Донецк: ДонНУ; ООО «Юго-Восток, Лтд», 2002.– 101 с.

9. Дюк В. А., Самойленко А. П. Data Mining: учебный курс.– СПб.: Питер, 2001.– 314 с.

УДК 519.863:338.3

## РОЗШИРЕННЯ МІЖГАЛУЗЕВОЇ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ МОДЕЛІ ЛЕОНТЬЄВА – ФОРДА

**ХРУЩ Л. З.**

*кандидат економічних наук*

**Івано-Франківськ**

**КОРЖЕВСЬКА О. П.**

*аспірантка*

**Київ**

Сьогодні людство опинилося у пастці гострих екологічних проблем власного соціально-економічного розвитку. Кількісне та якісне нагромадження обсягів енергоречовинного обміну між суспільством і природним середовищем через прискорення темпів науково-технічного розвитку, залучення до господарського обороту дедалі більшої кількості природних ресурсів, зростання масштабів природокористування, посилення антропогенного тиску на довкілля – все це створило напружену ресурсно-екологічну ситуацію – критичну з огляду на асиміляційні та відновлювальні можливості навколишнього середовища; вирішення проблеми «забруднення навколишнього середовища» набуло глобального характеру. Одна з найважливіших серед проблем забруднення навколишнього середовища – це проблема смітників. Ця проблема настільки нагальна не тільки в Україні, а й у всьому світі, що навіть з'явився вислів «відходи беруть нас за горло». Із зростанням кількості міст і промислових підприємств постійно збільшується кількість відходів. Промислові і побутові відходи створюють безліч проблем, таких як транспортування, зберігання, утилізація та ліквідація.

Боротьба із забрудненням середовища вимагає постійно зростаючих витрат, приводить до створення нових виробництв з переробки та знищення шкідливих відходів. У результаті розширюється сама сфера суспільного виробництва: вона включає не лише створення матеріальних благ, але й різні види діяльності, пов'язані зі зменшенням забруднення навколишнього середовища та відновлення природних ресурсів. Сфера суспільного виробництва розширюється за рахунок включення нових галузей виробництва – знищення забруднювачів. У свою чергу зазначена галузь не існує відокремлено, а також використовує продукцію галузей матеріального виробництва.

В. Леонт'євим і Д. Фордом, була запропонована перша міжгалузева модель, яка описує взаємозв'язки економіки та навколишнього середовища [1]. Вона узагальнює схему класичного міжгалузевого балансу та охоплює дві групи галузей (виробництв): основне виробництво (галузі матеріального виробництва) та допоміжне виробництво (галузі, що знищують шкідливі відходи). Модель Леонт'єва – Форда задається системою лінійних рівнянь:

$$\begin{aligned}x^1 &= A_{11}x^1 + A_{12}x^2 + y^1 \\x^2 &= A_{21}x^1 + A_{22}x^2 - y^2,\end{aligned}\quad (1)$$

де  $x^1 = (x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1)^T$  – вектор-стовпець валового випуску продукції основного виробництва;

$x^2 = (x_1^2, x_2^2, \dots, x_m^2)^T$  – вектор-стовпець обсягів знищених забруднювачів;

$y^1 = (y_1^1, y_2^1, \dots, y_n^1)^T$  – вектор-стовпець кінцевої продукції;

$y^2 = (y_1^2, y_2^2, \dots, y_m^2)^T$  – вектор-стовпець обсягів незнищених забруднювачів (викидів забруднювачів у навколишнє середовище);

$A_{11} = (a_{ij}^{11})_{i,j=1}^n$  – квадратна матриця коефіцієнтів прямих витрат продукції  $i$  на випуск продукції  $j$ ;

$A_{12} = (a_{ig}^{12})_{i,g=1}^{n,m}$  – прямокутна матриця коефіцієнтів прямих витрат продукції  $i$  на знищення одиниці забруднювачів  $g$ ;

$A_{21} = (a_{kj}^{21})_{k,j=1}^{m,n}$  – прямокутна матриця коефіцієнтів прямого випуску забруднювачів  $k$  під час вироблення одиниці продукції  $j$ ;

$A_{22} = (a_{kg}^{22})_{k,g=1}^m$  – квадратна матриця коефіцієнтів прямого випуску забруднювачів  $k$  під час знищення одиниці забруднювача  $g$  ( $T$  – операція транспонування вектора).

У моделі (1) всі компоненти векторів  $x^1, x^2, y^1, y^2$  та елементи матриць  $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$  вважаються невід'ємними.

На основі цієї моделі здійснюється аналіз розвитку економіки з урахуванням впливів екологічних чинників, дослідження еколого-економічних моделей. Зокрема, у результаті досліджень побудовано виробничу функ-

цію екологічної економіки, яка функціонує як виробник продукції та як очишувач навколишнього середовища, еколого-економічну виробничу функцію значень задачі оптимального використання ресурсів (виробничу функцію з урахуванням екологічних обмежень), векторну еколого-економічну виробничу функцію [3, 5 – 7].

Модель (1) враховує забруднення, яке виникає в процесі виробництва, та не враховує той факт, що споживання продуктів багатьох галузей також супроводжується забрудненням навколишнього середовища. Так, наприклад, споживання продуктів у пластмасових упаковках, використання легкових автомобілів, побутової та офісної техніки неодмінно призводить до забруднення довкілля, яке обов'язково має бути враховане при міжгалузевому моделюванні.

Основною метою даної статті є розробка та дослідження розширеної міжгалузевої еколого-економічної моделі Леонтьєва – Форда, в якій враховується забруднення від споживання продукції, створення на її основі еколого-економічної моделі та побудова еколого-економічної виробничої функції.

Розглянемо еколого-економічну модель вигляду:

$$\begin{aligned} x^1 &= A_{11}x^1 + A_{12}x^2 + y^1, \\ x^2 &= A_{21}x^1 + A_{22}x^2 + Dy^1 - y^2 \\ x^1 \geq 0, x^2 \geq 0, y^1 \geq 0, y^2 \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Матриця  $D = (d_{kj})_{k,j=1}^{m,n} \geq 0$  – прямокутна матриця коефіцієнтів створення забруднювачів  $k$  під час споживання одиниці продукції  $j$ .

Перше рівняння системи (2) – це збалансований розподіл виготовленої продукції  $x^1$  на витрати в основному виробництві  $A_{11}x^1$ , на витрати в допоміжному виробництві  $A_{12}x^2$  та на кінцеве споживання  $y^1$ .

Обсяг усіх знищених забруднювачів  $x^2$  (друге рівняння системи (2)) – це різниця між виробленим і утвореним забрудненням  $A_{21}x^1 + A_{22}x^2 + Dy^1$  і незнищеним забрудненням  $y^2$ . Вектор-стовпчик  $y^1$  визначається ринковим попитом на продукцію, а вектор-стовпчик  $y^2$  – прийнятими стандартами якості довкілля, умовами еколого-економічної рівноваги або встановлюється, виходячи з реальних техніко-економічних можливостей чи економії коштів.

Введемо позначення

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}, \quad x = \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix}, \quad y = \begin{pmatrix} y^1 \\ Dy^1 - y^2 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Тоді система рівнянь (2) записується у класичній формі моделі Леонтьєва

$$x = Ax + y. \quad (4)$$

Матриця прямих витрат для моделі (2) – це блочна матриця

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Вона вважається продуктивною, при цьому продуктивними будуть матриці  $A_{11}$ ,  $A_{12}$  та невід'ємні квадратні матриці

$$\begin{aligned} A_1 &= A_{11} + A_{12}(I_2 - A_{22})^{-1}A_{21}, \\ A_2 &= A_{22} + A_{21}(I_1 - A_{11})^{-1}A_{12}. \end{aligned} \quad (6)$$

Продуктивність матриць  $A_1, A_2$  означає рентабельність основного та допоміжного виробництв за повним циклом виробництва продукції та за повним циклом знищення забруднювачів [4].

Але дослідження моделі (2) показує, що компонента  $Dy^1 - y^2$  вектора  $y = (y^1 Dy^1 - y^2)^T$  може бути від'ємною, тобто продуктивність матриці  $A$  ще не гарантує невід'ємних розв'язків.

У даній моделі вважаємо, що  $Dy^1 \leq y^2$ . У цьому випадку складова  $Dy^1 - y^2$  прийматиме від'ємне значення, і тоді, ввівши заміну  $Dy^1 - y^2 = -\bar{y}^2$ , модель (2) отримає вигляд (1) зі змінними  $x^1 \geq 0, x^2 \geq 0, y^1 \geq 0, \bar{y}^2 \geq 0$ , умови існування невід'ємних розв'язків якої досліджено у монографії [4].

Розв'язками  $x^1$  та  $x^2$  системи рівнянь (2) є

$$\begin{aligned} x^1 &= (I_1 - A_1)^{-1} \left[ y^1 + A_{12}(I_2 - A_{22})^{-1}(Dy^1 - y^2) \right] \\ x^2 &= (I_2 - A_2)^{-1} \left[ A_{21}(I_1 - A_{11})^{-1}y^1 + (Dy^1 - y^2) \right], \end{aligned} \quad (7)$$

де  $I_1$  та  $I_2$  – одиничні матриці відповідно  $n$ -го та  $m$ -го порядків.

Необхідною та достатньою умовою невід'ємності розв'язків розширеної моделі Леонтьєва – Форда є продуктивність блочної матриці  $A$  системи рівнянь (2) та при  $y^1 > 0, y^2 \geq 0$  умова  $x^2 \geq 0$ , тобто

$$(I_2 - A_2)^{-1} [A_{21}(I_1 - A_{11})^{-1}y^1 + (Dy^1 - y^2)] \geq 0. \quad (8)$$

Достатньою умовою невід'ємності розв'язків розширеної моделі Леонтьєва – Форда при продуктивності блочної матриці  $A$  та при  $y^1 > 0, y^2 \geq 0$  є умова

$$(A_{21}(I_1 - A_{11})^{-1} + D)y^1 \geq y^2, \quad (9)$$

яка означає, що основне та допоміжне виробництва будуть функціонувати, якщо об'єм незнищуваних забруднювачів  $y^2$  не перевищує повного випуску забруднювачів, що виникають при одержанні кінцевої продукції  $y^1$  та при споживанні готової продукції  $y^1$ .

Достатньою умовою невід'ємності розв'язків замість умови (9) є також більш жорстка умова

$$(A_{21} + D)y^1 \geq y^2. \quad (10)$$

Для економіки, яка враховує екологічну складову і описується системою лінійних рівнянь (2), запропонуємо таку модель оптимального використання ресурсів:

$$\begin{aligned} F &= c^1 y^1 - c^2 y^2 \rightarrow \max, \\ x^1 &= A_{11}x^1 + A_{12}x^2 + y^1, \\ x^2 &= A_{21}x^1 + A_{22}x^2 + Dy^1 - y^2 \\ B_1 x^1 + B_2 x^2 &\leq R, \\ x^1 \geq 0, x^2 &\geq 0. \end{aligned} \quad (11)$$

У моделі (11) змінні  $x^1, x^2, y^1, y^2$  матриці  $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}, D$  мають аналогічний зміст до змінних та матриць моделі Леонтьєва – Форда (2).

Також у модель (11) введено:

$c^1 = (c_1^1, c_2^1, \dots, c_n^1) > 0$  – вектор-рядок цін одиниць кінцевої продукції;

$c^2 = (c_1^2, c_2^2, \dots, c_m^2) > 0$  – вектор-рядок цін одиниць незнищених забруднювачів (вартісних збитків від викидів компонентів);

$B_1 = (b_{qi}^1)_{q,i=1}^{l,n} \geq 0$  – матриця витрат  $q$ -го економічного ресурсу на виробництво одиниці  $i$ -ї продукції;

$B_2 = (b_{qk}^2)_{q,k=1}^{l,m} \geq 0$  – матриця витрат  $q$ -го економічного ресурсу на знищення одиниці  $k$ -го забруднювача;

$R = (R_1, R_2, \dots, R_l)^T$  – вектор-стовпчик наявних економічних ресурсів, які використовуються у виробничому процесі.

**Е**кономічна інтерпретація задачі оптимального використання ресурсів (11) полягає в максимізації доходу виробництва від споживання випуску продукції із врахуванням від нього витрат, спричинених забрудненням від споживання продукції та викидами забруднювачів у навколишнє середовище. При цьому обсяг витрат економічних ресурсів на виробництво продукції та на знищення забруднювачів не повинен перевищувати обсягу наявних економічних ресурсів.

Істотними у моделі є обмеження невід'ємності змінних  $x^1 \geq 0$ ,  $x^2 \geq 0$ , що характеризують незворотність виробничих процесів. У той же час вважатимемо  $y^1$  та  $y^2$  вільними змінними.

Із системи (2) визначаємо змінні  $y^1$  та  $y^2$ , а саме:

$$\begin{aligned} y^1 &= (I_1 - A_{11})x^1 - A_{12}x^2 \\ y^2 &= A_{21}x^1 - (I_2 - A_{22})x^2 + D((I_1 - A_{11})x^1 - A_{12}x^2). \end{aligned} \quad (12)$$

З урахуванням (12) модель (11) приймає вигляд

$$F = (c^1(I_1 - A_{11}) - c^2 A_{21} - c^2 D(I_1 - A_{11}))x^1 + (-c^1 A_{12} + c^2(I_2 - A_{22}) + c^2 D A_{12})x^2 \rightarrow \max, \quad (13)$$

$$B_1 x^1 + B_2 x^2 \leq R,$$

$$x^1 \geq 0, \quad x^2 \geq 0.$$

Побудуємо двоїсту задачу до задачі (13):

$$\begin{aligned} pR &\rightarrow \min, \\ pB_1 &\geq c^1(I_1 - A_{11}) - c^2 A_{21} - c^2 D(I_1 - A_{11}), \\ pB_2 &\geq -c^1 A_{12} + c^2(I_2 - A_{22}) + c^2 D A_{12}, \\ p &\geq 0, \end{aligned} \quad (14)$$

де  $p = (p_1, p_2, \dots, p_l)$  – вектор-рядок двоїстих оцінок економічних ресурсів  $R$ .

У задачах параметричного лінійного програмування (13) та (14) на оптимальних розв'язках  $x^{1*}(R)$ ,  $x^{2*}(R)$ ,  $p^*(R)$  значення цільових функцій прямої та двоїстої задачі рівні між собою і виконуються умови доповнюючої нежорсткості [2]:

$$\begin{aligned} F(R) &= (c^1(I_1 - A_{11}) - c^2 A_{21} - c^2 D(I_1 - A_{11}))x^{1*}(R) + \\ &+ (-c^1 A_{12} + c^2(I_2 - A_{22}) + c^2 D A_{12})x^{2*}(R) = p^* R \\ (p^* B_1 - c^1(I_1 - A_{11}) + c^2 A_{21} + \\ &+ c^2 D(I_1 - A_{11}))_i \cdot x_i^{1*} &= 0, \quad i = \overline{1, m} \\ (p^* B_2 + c^1 A_{12} - c^2(I_2 - A_{22}) - c^2 D A_{12})_j \cdot x_j^{2*} &= 0, \quad j = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (15)$$

Звідси випливає:

якщо  $c^1(I_1 - A_{11}) < c^2 A_{21} + c^2 D(I_1 - A_{11})$ , то  $x^{1*} \equiv 0$ ;

якщо  $c^1 A_{12} > c^2(I_2 - A_{22}) + c^2 D A_{12}$ , то  $x^{2*} \equiv 0$ .

Ці умови мають прозорий економічний зміст.

Достатня умова

$$c^1(I_1 - A_{11}) < c^2 A_{21} + c^2 D(I_1 - A_{11}) \quad (16)$$

того, що  $x^{1*} \equiv 0$  (виробництво продукції не працює), здійснюється при  $c^1 \ll c^2$  (тобто, економічно діють пріоритети за очищенням навколишнього середовища).

Економічний зміст цієї ситуації полягає в тому, що виробництво продукції працювати не буде, коли вартісні збитки від випуску забруднювачів у навколишнє середовище та збитки від забруднювачів під час споживання кінцевої продукції перевищують вартість витрат продукції для її випуску.

Достатня умова

$$c^1 A_{12} > c^2(I_2 - A_{22}) + c^2 D A_{12} \quad (17)$$

того, що  $x^{2*} \equiv 0$  (очисні споруди не працюють), здійснюється при  $c^1 \gg c^2$  (тобто, економічно діють пріоритети за виробництвом продукції).

Алгоритм побудови виробничої функції  $F(R)$  полягає в тому, що треба знайти всі нетривіальні опорні розв'язки  $p^{1*}$ ,  $p^{2*}$ , ...,  $p^{s*}$  розширеної системи лінійних рівнянь

$$\begin{aligned} pB_1 - \mu &= c_1(I_1 - A_{11}) - c_2 A_{21} - c^2 D(I_1 - A_{11}), \\ pB_2 - \nu &= -c_1 A_{12} + c_2(I_2 - A_{22}) + c^2 D A_{12}, \end{aligned} \quad (18)$$

де  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n) \geq 0$ ,  $\nu = (\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_m) \geq 0$  – вектори-рядки доповнюючих змінних.

Після цього в явному вигляді виписується виробнича функція екологічної економіки

$$F(R) = \min\{p^{1*}R, p^{2*}R, \dots, p^{s*}R\}, \quad (19)$$

знаходяться функції завантаженості виробництва  $x^{1*}(R)$  та очисних споруд  $x^{2*}(R)$ , а також пропозиції кінцевої продукції  $y^{1*}(R)$  та викидів забруднювачів  $y^{2*}(R)$ .

Побудована до запропонованої розширеної моделі Леонтьєва – Форда виробнича функція є елементом системи підтримки прийняття рішень у виробничому процесі.

## ВИСНОВКИ

Запропоновано розширення міжгалузевої еколого-економічної моделі Леонтьєва – Форда, в якій враховується забруднення від споживання продукції. На основі запропонованої моделі здійснено побудову еколого-

економічної виробничої функції, яка є необхідною для забезпечення стратегічної діяльності підприємств, що мають здійснюватись відповідно до певних розроблених заходів щодо раціонального використання ресурсів. ■

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Леонтьев В. В. Межотраслевой анализ влияния структуры экономики на окружающую среду / В. В. Леонтьев, Д. Форд // Экономика и математические методы. – 1972. – Т. 8. – Вып. 3. – С. 370 – 400.
2. Линейное и нелинейное программирование / [Ляшенко И. Н., Карагодова Е. А., Черникова Н. В., Шор Н. З.] / под общ. ред. И. Г. Ляшенко. – К. : Вища школа, 1975. – 372 с.
3. Ляшенко І. М. Виробничі функції екологічної економіки / І. М. Ляшенко, Л. З. Хрущ // Dynamical system modelling and stability investigation : international conference, May 22 – 25, 2007 : thesis of conference reports. – К., 2007. – С. 211.

4. Ляшенко І. М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку / Ляшенко І. М. – К. : Вища школа, 1999. – 236 с.

5. Хрущ Л. З. Еколого-економічні виробничі функції (побудова та застосування у прогнозуванні) / Л. З. Хрущ // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. пр. / відп. ред. В. К. Галіцин. – Київ, 2007. – Вип. 76. – С. 155 – 165.

6. Хрущ Л. З. Побудова векторної еколого-економічної виробничої функції / Л. З. Хрущ // Дванадцята міжнародна наукова конференція імені академіка М. Кравчука, 15 – 17 трав., 2008 р. : матеріали конф. – К. : За друга, 2008. – Т. 1 – С. 847.

7. Хрущ Л. З. Про один підхід до побудови векторної еколого-економічної виробничої функції / Л. З. Хрущ // Моделювання регіональної економіки : зб. наук. пр. – Івано-Франківськ : Плай, 2006. – № 1(7). – С. 96 – 103.

УДК 339(477)

## ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ УКРАИНЫ НА РЫНКЕ ТОВАРОВ И УСЛУГ В ВОСТОЧНОМ ПАРТНЕРСТВЕ

**БОРИСОВА Л. П.**

*кандидат экономических наук*

**Одесса**

Утверждение государственной независимости Украины положило начало фактическому выходу ее на мировую арену как субъекта международных экономических отношений. Кардинальные изменения в геополитическом положении Украины, которые состоялись после получения ею независимости, и ситуационные особенности современного состояния трансформационных процессов в экономике существенно повысили роль внешнеэкономических отношений в развитии страны. Усиление этого фактора объективно диктуется осуществляемыми рыночными превращениями, формирующими качественно новые принципы дальнейшего экономического и социального развития страны.

Актуальность темы предопределена тем фактом, что становление экономики Украины как целостной системы происходит в условиях развития рынка товаров и услуг. В самом общем виде внешняя торговля является средством развития специализации страны, роста производительности ресурсов, увеличения объемов производства, следовательно – и повышения благосостояния государства. Сегодня речь должна идти о новом позиционировании Украины в геоэкономике с тем, чтобы в результате было изменено само качество участия страны в международных экономических процессах, учитывающая новую расстановку сил в мировой экономике.

Целью этой работы является анализ мирового рынка товаров и услуг и места Украины в нем, оценка уровня конкурентоспособности украинских товаров и

услуг на мировом рынке. Определение закономерностей развития мирового рынка товаров и услуг в условиях развертывания процесса глобализации мировой экономики.

Главной целью проекта «Восточное партнерство», созданного Европейским Союзом и представленного на Совете ЕС по общим вопросам и внешним связям 26 мая 2008 г., является сближение ЕС с шестью странами бывшего СССР: Украиной, Молдавией, Азербайджаном, Арменией, Грузией и Белоруссией. Позиционирование Украины, как один из инструментов маркетинга, формирующий позитивное восприятие на рынке в Восточном партнерстве украинских товаров и услуг, является начальным этапом сотрудничества с Восточной Европой в качестве независимого государства. Но при этом Украина еще не приобрела всей совокупности механизмов, инструментов и элементов, обеспечивающих интеграцию экономик европейских государств в единое целое, что и является, по сути, партнерством. Так, к примеру, Украина только к концу 2011 г. смогла сформировать полную базу Таможенных правил, обеспечивающих регулирование экспортно-импортных операций между Украиной и Евросоюзом. Многие годы разночтения в Таможенных правилах, действующих между Евросоюзом и Украиной, препятствовали увеличению товарооборота. Только со вступлением Украины в ВТО начинает формироваться такой важный механизм, как выделение квот Евросоюзом на важнейшие виды экспортной продукции Украины для Восточной Европы. Накануне саммита Восточного партнерства Евростат сообщил, что Украина, на которую пришлось 9,6 млрд евро, или 58% от общего объема экспорта, заняла ведущую позицию в первой половине 2011 г.. За ней следует Беларусь (4 млрд евро, или 24%). Основным импортером также стала Украина,