

УДК 330. 4; 519. 86

Григорків М. В.,*асистент кафедри економіко-математичного моделювання Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича*

ДВОХСЕКТОРНА МОДЕЛЬ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА

У роботі побудовано двохсекторну модель еколого-економічної динаміки з урахуванням фінансово-економічної структури суспільства. Така модель дозволяє використовувати методіку дослідження економічних та еколого-економічних систем, що ґрунтується на соціально-економічній кластеризації.

Ключові слова: економічна структура суспільства, еколого-економічна взаємодія, рівняння динаміки заощаджень та цін.

В работе построена двухсекторная модель эколого-экономической динамики с учетом финансово-экономической структуры общества. Данная модель позволяет использовать методику исследования экономических и эколого-экономических систем, которое базируется на социально-экономической кластеризации.

Ключевые слова: экономическая структура общества, эколого-экономическое взаимодействие, уравнения динамики накоплений и цен.

The twosectoral model of ecologic-economy dynamics taking into account the finansial– economy structure of society is built. This model allows to use the method of research of the economic and ecologic-economy systems which are based on a socio– economic clusterization.

Key words: the economic structure of society, ecological and economic interaction, the equation of savingand pricing dynamics.

Постановка проблеми. Проблеми еколого-економічної взаємодії, тобто взаємодії соціально-економічних та природних систем (екосистем) уже давно стали пріоритетними в багатьох галузях науки і суспільного життя у цілому. Щоб розв'язати ці проблеми, потрібні бажання і зусилля всіх членів суспільства, а науковців – в першу чергу, оскільки саме від них залежить стан вивчення даних проблем, їх всесторонній системний аналіз, теоретичне обґрунтування передбачуваних практичних дій для досягнення бажаної еколого-економічної рівноваги і сталого (стійкого) розвитку [1], розробка теоретичних і прикладних алгоритмів соціально-економічної діяльності, спрямованої на успішне розв'язання як вказаних вище еколого-економічних, так і соціальних проблем сьогодення.

Важлива, а в багатьох випадках вирішальна роль у створенні методології дослідження еколого-економічних систем належить методу моделювання, зокрема математичному моделюванню, чому власне і присвячена ця праця.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Діапазон сучасних досліджень у галузі математичного моделювання еколого-економічних систем надзвичайно широкий. Актуальність абсолютної більшості останніх публікацій з цієї тематики пов'язана з ідеями еколого-економічної та соціально-економічної рівноваги, тобто з ідеями сталого розвитку, концепція і фундаментальні основи якого на сьогодні знаходяться у центрі уваги як світової, так і вітчизняної науки. Обійтися тут без економіко-математичних досліджень неможливо, оскільки метод моделювання є одним із найбільш ефективних методів вивчення цих проблем, а створення засобів моделювання та аналізу процесів еколого-економічної взаємодії і сталого розвитку є однією з найважливіших наукових задач. Розробці таких засобів сьогодні присвячено багато публікацій. Лише їх стислий огляд заслуговує окремого серйозного дослідження, яке не вкладається в межі цієї праці. Все-таки зазначимо, що в моделюванні еколого-економічних систем вагоме місце належить також українській науці. Зокрема, варто відзначити дослідження І. Ляшенка, М. Михалевича, В. Григорківа, О. Ляшенко, А. Онищенко, М. Коробової, Л. Буяк, Р. Білоскурського, Л. Пінчук, Ю. Тадеєва, О. Якутової, А. Верстяка, О. Єдинак, Л. Хрущ та багатьох інших. Проблеми еколого-економічної взаємодії та сталого розвитку є складними і багатограними, тому їх всестороннє наукове обґрунтування не просто є актуальним, але й потребує застосування різноманітного дослідницького інструментарію.

Мета і завдання дослідження. Мета цього дослідження полягає у вивченні впливу економічної структури суспільства на процеси еколого-економічної рівноваги, збереження якої пов'язано як з процесами економічної динаміки, так і з утилізацією створених забруднювачів та підтримки відповідних соціально-економічних і екологічних стандартів суспільства. Еволюція соціально-економічних та еколого-економічних систем постійно змінює їх структуру і характеристики та значною мірою залежить від економічної структури суспільства, під якою розуміють розподіл елементів суспільства (наприклад, сімей) за ліквідними нагромадженнями у грошових одиницях чи цінних паперах, які швидко і без втрат можуть бути конвертовані у гроші. Економічна структура впливає на різні сфери економіки та процеси прийняття відповідних рішень, тому її врахування при побудові моделей соціально-економічних і еколого-економічних систем є актуальним і науково обґрунтованим.

Виклад основного матеріалу. Нижче буде запропонована математична модель еколого-економічної динаміки в умовах кластеризації людських ресурсів [2], тобто в умовах конкретно заданої класифікації заді-

яних у соціально-економічному житті членів суспільства, яку власне і називаємо економічною структурою суспільства. Приступимо до опису моделі, розробка якої є продовженням досліджень, започаткованих у праці [3]. Будемо вивчати економіку, у якій виділено сектори: А – створення агрегованого суспільного продукту (матеріального продукту, послуги), В – знищення (утилізація) економічно небезпечних відходів виробничої та невиробничої діяльності. Крім того, нехай структура суспільства із n громадян у цій економіці представлена такими групами (кластерами) громадян: K_0 – пенсіонери ($n_0 = v_0 n$); K_1 – працівники всіх сфер соціально-економічної діяльності (матеріального виробництва, надання послуг тощо) усіх форм власності, задіяних у створенні агрегованого суспільного продукту (сектор А, $n_1 = v_1 n$); K_2 – працівники сектору знищення забруднювачів чи утилізації відходів виробництва агрегованого суспільного продукту (сектор В) усіх форм власності ($n_2 = v_2 n$); K_3 – власники (держава, фізичні, юридичні особи) виробничих та невиробничих установ сектора А ($n_3 = v_3 n$); K_4 – власники (держава, фізичні, юридичні особи) установ сектора В ($n_4 = v_4 n$). У вище прийнятих позначеннях v_i ($i = 0, 4$) – частка кількості членів i -тої групи громадян у їх загальній кількості $\left(\sum_{i=0}^4 v_i = 1 \right)$.

Зазначимо також, що у число задіяних у секторах А та В членів суспільства не включені діти непрацездатного віку, студенти, безробітні. Можна вважати, що їх потреби неявно включені у потреби громадян груп K_0, K_1, K_2 .

Всі групи громадян володіють відповідними заощадженнями (грошима, цінними паперами) z_i ($i = 0, 4$), які всередині кожної групи вважатимемо однаковими. Ці заощадження формують відповідну фінансову спроможність $s = z/p$, де p – ціна певного продукту (послуги) або відповідний тариф. Припустимо також, що заощадження витрачаються на купівлю агрегованого продукту ($\alpha_i z_i$) за ціною p_A , утилізацію виробничих решток ($\beta_i z_i$) за тарифом p_B , на виробничі та невиробничі потреби ($\gamma_i z_i$), де $\alpha_i \geq 0, \beta_i \geq 0, \gamma_i \geq 0, \alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 1, i = \overline{0, 4}$.

Надалі будемо вважати, що $\gamma_i = 0$ ($i = \overline{0, 2}$), $\beta_i = 0$ ($i = \overline{0, 2, 4}$). Крім того, нехай:

– попит на основний продукт споживача i ($i = \overline{0, 4}$) описується функцією попиту $Q_A = (\alpha_i z_i / p_A)$, де $\alpha_i z_i$ – частина заощаджень одного споживача i -тої групи, які можуть витрачатись на споживання основного продукту;

– пропозиція забруднювачів від представника сектора А до утилізації представникові сектора В – функцією пропозиції-попиту $S_{AB} = S_{AB} (\beta_i z_i / p_B)$, де $\beta_i z_i$ – частина заощаджень одного власника сектора А, які можуть бути спрямовані на утилізацію забруднювачів;

– кількість виробленого основного (агрегованого) продукту, що при-

падає на одного працівника сектора А – виробничою функцією або функцією пропозиції основного продукту $F_A = F_A(y_3 z_3 / p_A)$, де $y_3 z_3$ – частина заощаджень одного власника сектора А, які можуть бути використані у сучасній агрегованого суспільного продукту;

– кількість утилізованого забруднення, що припадає на одного працівника сектора В – виробничою функцією або функцією пропозиції $F_B = F_B(y_4 z_4 / p_B)$;

Будемо вважати також, що загальна кількість виробничих та невиробничих відходів (решток) установ сектора А прямо пропорційна з деяким коефіцієнтом $\lambda (0 < \lambda < 1)$ до загальної кількості виробленої основної продукції (в розрахунку на одного працівника сектора А ця кількість рівна $\lambda F_A(y_3 z_3 / p_A)$, а попит сектора В на утилізацію забруднювачів рівний їх пропозиції від сектора А, оскільки вище вже було зроблено припущення про те, що власники сектора В своїх заощаджень ($\beta_4 = 0$) на утилізацію не витрачають, а функціонують за рахунок сектора А.

Розпочнемо процес побудови моделі. Представники груп K_0, K_1, K_2 отримують сталий дохід d_0, d_1, d_2 (в натуральних одиницях (н. о), тобто отримують відповідну пенсію чи зарплату.

Граничний приріст заощаджень пенсіонера дорівнює різниці між його сталим доходом і видатками на споживання агрегованого суспільного продукту, а представників груп K_1, K_2 – різниці між їх сталими доходами, зменшеними на величину податку (податкова ставка k_0) і видатками на споживання агрегованого продукту, тобто

$$\frac{dz_0}{dt} = p_A \left[d_0 - Q_A \left(\frac{\alpha_0 z_0}{p_A} \right) \right], \quad (1)$$

$$\frac{dz_i}{dt} = p_A \left[d_i (1 - k_0) - Q_A \left(\frac{\alpha_i z_i}{p_A} \right) \right], \quad i = \overline{1, 2} \quad . \quad (2)$$

Представники груп K_3, K_4 (сектори А, В), крім податку на дохід (ставка k_0), сплачують також податок на фонд заробітної плати (ставка k_1), на додану вартість або на право займатись такою діяльністю (ставка k_2) та додатково витрачають певні кошти на внутрішні потреби своєї діяльності, тобто потреби виробництва чи надання послуг (нехай λ_A – частка витрат в секторі А, λ_B – частка витрат в секторі В). Зміна заощаджень власника сектора А характеризується різницею між його доходом від збуту виробленого суспільного продукту, зменшеним на величину податку та видатками на особисте споживання основного продукту, утилізацію забруднювачів, заробітну плату, податок на фонд заробітної плати, потреби своєї діяльності, податок на додану вартість:

$$\frac{dz_3}{dt} = \frac{p_A(1-k_0)}{n_3} \sum_{i=0}^4 n_i Q_A \left(\frac{\alpha_i z_i}{p_A} \right) - p_A Q_A \left(\frac{\alpha_3 z_3}{p_A} \right) - p_B S_{AB} \left(\frac{\beta_3 z_3}{p_B} \right) - \frac{p_A}{n_3} \left[n_1 d_1 (1+k_1) + n_1 (\lambda_A + k_2) F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right) \right], \quad (3)$$

де $p_A \sum_{i=0}^4 n_i Q_A \left(\frac{\alpha_i z_i}{p_A} \right)$ – загальна вартість (в грошових одиницях (г. о.)) агрегованого продукту, закупленого всіма групами споживачів або дохід всіх власників сектора А від реалізації агрегованого продукту;

$\frac{1}{n_3} \cdot (1-k_0) \cdot p_A \sum_{i=0}^4 n_i Q_A \left(\frac{\alpha_i z_i}{p_A} \right)$ – дохід одного власника сектора А від реалізації агрегованого продукту, зменшений на величину відповідного податку;

$p_A Q_A \left(\frac{\alpha_3 z_3}{p_A} \right)$ – видатки (в г. о.) власника сектора А на особисте споживання цього продукту;

$p_B S_{AB} \left(\frac{\beta_3 z_3}{p_B} \right)$ – витрати (в г. о.) власника сектора А на знешкодження забруднювачів (утилізацію решток);

$p_A d_1 (1+k_1) = p_A (d_1 + k_1 d_1)$ – зарплата одного працівника сектора А, збільшена на величину податку на фонд заробітної плати;

$p_A n_1 d_1 (1+k_1)$ – зарплата всіх працівників сектора А, збільшена на величину податку на фонд заробітної плати;

$(p_A n_1 d_1 (1+k_1))/n_3$ – витрати (в г. о.) одного власника сектора А на зарплату всіх працівників цього сектора та податок на фонд заробітної плати;

$n_1 F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right)$ – кількість агрегованого суспільного продукту (в н. о.), виробленого всіма працівниками сектора А, тобто сумарний агрегований продукт, що належить всім власникам сектора А;

$\lambda_A n_1 F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right)$ – виробничі витрати (в н. о.) агрегованого продукту власниками сектора А;

$k_2 n_1 F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right)$ – податок на додану вартість власників сектора А;

$n_1 p_A (\lambda_A + k_2) F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right)$ – вартість (в г. о.) сумарних витрат власників сектора А на виробничі і невиробничі потреби та податок на додану вартість;

$(n_1/n_3) p_A (\lambda_A + k_2) F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right)$ – вартість (в г. о.) витрат одного власника сектора А на потреби своєї діяльності та податок на додану вартість.

Прирости заощаджень власників допоміжних (або екологічних) установ дорівнюють різниці між їх доходами від прийому на утилізацію забруднювачів від сектора А (своєрідного “збуту екологічної продукції”), зменшеними на величину податку та видатками на особисте споживання, заробітну плату працівників сектора В, податок на фонд заробітної плати, потреби своєї діяльності, податок на додану вартість (на право займатись своєю діяльністю), тому їх граничні прирости (миттєві швидкості зміни заощаджень) відповідно формалізуються рівнянням:

$$\frac{dz_4}{dt} = \frac{n_3(1-k_0)}{n_4} \cdot p_B S_{AB} \left(\frac{\beta_3 z_3}{p_B} \right) - p_A Q_A \left(\frac{\alpha_4 z_4}{p_A} \right) - \frac{p_B}{n_4} \left[n_2 d_2 (1+k_1) + n_2 (\lambda_B + k_2) F_B \left(\frac{\gamma_4 z_4}{p_B} \right) \right]. \quad (4)$$

Всі складові рівняння (4) інтерпретуються аналогічно до відповідних складових рівняння (3).

Оскільки ціна агрегованого суспільного продукту залежить від різниці між попитом на нього та його пропозицією, то динаміка такої ціни описується рівнянням:

$$\frac{dp_A}{dt} = \theta_A \left[\sum_{i=0}^4 n_i Q_A \left(\frac{\alpha_i z_i}{p_A} \right) - n_1 F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right) \right], \quad (5)$$

де θ_A – сталий коефіцієнт регулювання ціни, що відображає інерційність ринку.

Швидкість зміни тарифу p_B за утилізацію одиниці забруднення (ціни знищення забруднювача) також залежить від різниці між попитом на забруднювачі та їх загальною пропозицією:

$$\frac{dp_B}{dt} = \theta_B \left[n_3 S_{AB} \left(\frac{\beta_3 z_3}{p_B} \right) - n_1 \lambda F_A \left(\frac{\gamma_3 z_3}{p_A} \right) \right], \quad (6)$$

де θ_B – сталий коефіцієнт регулювання ціни, що відображає інерційність ринку оплатного збуту забруднювачів на утилізацію, $n_3 S_{AB}(\beta_3 z_3 / p_B)$ – загальний попит на виробничі та невиробничі рештки (забруднювачі), який у нашому випадку збігається з їх загальною пропозицією до утилізації.

Величина запасу (σ) забруднювачів (у г. о.) у власника допоміжних установ (сектора В) змінюється пропорційно до різниці між взятою до утилізації (попитом) та утилізованою кількістю забруднювачів, тому рівняння динаміки їх запасів має вигляд:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{\bar{\sigma}}{n_6} p_B \left[n_3 S_{AB} \left(\frac{\beta_3 z_3}{p_B} \right) - n_2 F_B \left(\frac{\gamma_4 z_4}{p_B} \right) \right], \quad (7)$$

де $\bar{\sigma}$ – коефіцієнт інерційності ринку решток. Надалі можна вважати, що $d\sigma/dt=0$, якщо $\sigma(t) \leq 0$.

Доповнимо систему рівнянь (1)-(7) початковими умовами (умовами Коші):

$$z_i(t_0) = z_i^{(0)} (i = \overline{0,4}), p_A(t_0) = p_A^{(0)}, p_B(t_0) = p_B^{(0)}, \sigma(t_0) = \sigma^{(0)}. \quad (8)$$

Таким чином, агрегована двохсекторна модель екологічно збалансованої економіки з урахуванням економічної структури суспільства побудована. В математичному плані така модель є задачею Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь [4], яку в загальному випадку можна розв'язати числовими методами [5]. Розв'язок моделі (1)-(8) дозволяє спрогнозувати динаміку заощаджень для представників вибраних груп $K_i (i = \overline{0,4})$, динаміку ціни основного (агрегованого) продукту, тарифу за утилізацію забруднювачів, а також динаміку запасів забруднювачів у секторі В.

Висновки. У запропонованій вище двохсекторній моделі впливу економічної структури суспільства на еколого-економічні системи соціально-економічну структуру формують п'ять суспільних груп: непрацюючі пенсіонери; працівники всіх сфер соціально-економічної діяльності (основного сектору) явно та неявно задіяні у створенні агрегованого суспільного продукту (послуги); працівники сектору утилізації створених забруднювачів (допоміжного або екологічного сектору); власники (всіх форм власності) установ основного сектору; власники (всіх форм власності) установ допоміжного сектору. Модель формалізує зміну в часі грошових заощаджень (фінансових ресурсів) кожної із суспільних груп, цін основного продукту і знищення забруднювачів, а також динаміку величини запасу виробничих решток (забруднення) у власника допоміжного сектору. Застосування цієї моделі спрямоване на вдосконалення методики дослідження зв'язку між соціально-економічною структурізацією суспільства та процесами, що відбуваються в екологічній економіці.

Література:

1. Григорків В. С. Моделювання економіки: Навчальний посібник. – Чернівці: ЧНУ, 2009. – 320 с.
2. Чернавский Д. С., Старков Н. И., Щербаков А. В. О проблемах физической экономики // УФН. – 2002. – Том 172. – № 9. – С. 1045-1066.
3. Буяк Л. М., Григорків М. В. Динамічна модель економіки з урахуванням економічної структури суспільства та екологізації виробництва // Науковий вісник Чернівецького університету: Зб. наук. праць. Економіка. – 2009. – Вип. 494. – С. 139-143.
4. Диференціальні рівняння у прикладах і задачах: навч. посібник / А. М. Самойленко, С. А. Кривошея, М. О. Перестюк. – К. : Вища шк., 1994. – 455 с.
5. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: Учеб. пособие для вузов. – М. : Наука, 1989. – 432 с.