

УДК 330.4:519.866

Григорків М.В.,

Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, м. Чернівці

ТРИСЕКТОРНА МОДЕЛЬ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕКОНОМІКИ

Запропоновано динамічну модель трисекторної економіки з урахуванням процесів утилізації виробничих відходів і суспільно-економічної структуризації. Модель призначена для імітаційного дослідження основних тенденцій та трендів динаміки економічних систем.

The dynamic model of three sectorial economy is proposed. The model is based on industrial waste disposal processes and socio-economic structurization. The model is intended for simulation research of major trends in the dynamics of economic systems.

Постановка проблеми. З історії взаємовідносин людини та природи можна навести чимало прикладів нераціонального, неоптимального природокористування та застосування екологічно шкідливих виробничих технологій, що врешті-решт призводили до локальних і глобальних конфліктів та криз в системі «людина-природа». Розуміння того, що майбутнє людської цивілізації неможливе без гармонізації зв'язків еколого-економічного та соціально-економічного характеру в єдиній соціо-еколого-економічній системі, привело найбільш активну та інтелектуальну частину людства, зокрема науковців, до розробки ключових пріоритетів розвитку світового господарства, пов'язаних з побудовою економіки сталого (стійкого) розвитку [1-5]. Екологізація економіки є не тільки необхідною умовою, але й базовим принципом такого розвитку, тому проблеми еколого-економічної взаємодії сьогодні надзвичайно актуальні. Вони потребують серйозного наукового обґрунтування, спрямованого на створення теоретичних методів і практичних механізмів реального впровадження принципу екологізації людської діяльності та побудови гармонійно збалансованої в екологічному та соціальному сенсах економіки. У плані розробки адекватної методології для вивчення проблем екологізації економіки важливе значення мають методи математичного та комп'ютерного моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми екологізації економіки були і є об'єктом дослідження багатьох зарубіжних і вітчизняних учених. Частіше всього використовувалися два основних підходи: 1) врахування екологічних факторів в моделях економіки; 2) врахування антропогенної дії в моделях екосистем. Наприклад, до першого напряму належить міжгалузева модель Леонтьєва-Форда [6], а до другого – так звана модель «збору врожаю» або експлуатації природних ресурсів Моно-Ієрусалимського [2]. Практично всі найбільш відомі еколого-економічні моделі можна класифікувати на три основних типи: балансові, оптимізаційні, імітаційні. До знакових моделей балансового типу відносяться моделі Леонтьєва-Форда, Р. Айреса, А. Ніса [7], Д. Уїллена [8], І. Шімацу [9],

Т. Тінберга [10], Х. Дейлі [11], У. Айзарда [12]. У всіх цих моделях в той чи інший спосіб відображено баланс між економічними та екологічними складовими, що у сукупності створюють еколого-економічну систему відповідного рівня агрегування. До балансових моделей належить також модель Р. Раяцкаса і В. Суткайтиса [13], у якій стан і розвиток природного навколишнього середовища аналізується в безпосередньому взаємозв'язку із соціально-економічним розвитком. На основі балансових моделей еколого-економічної взаємодії розроблено ряд оптимізаційних моделей, зокрема тих, що базуються на співвідношеннях Леонт'єва-Форда. Це зокрема оптимізаційні моделі І. Ляшенка, М. Михалевича, Н. Утеулієва, В. Григорківа [1-3]. До найбільш вагомих імітаційних моделей еколого-економічних систем належать славнозвісні проекти Дж. Форрестера [14] та Д. Медоуза [15]. Найбільш відомі з них – це так звані глобальні моделі «Світ-1», «Світ-2», «Світ-3», розроблені з метою дослідження взаємодії демографічної, індустриальної, аграрної та інших підсистем планетарного рівня.

Вагомих результатів у галузі моделювання еколого-економічних систем досягнуто також представниками сучасної української наукової школи цього напрямку, представниками якої є уже згадані вище І. Ляшенко, В. Григорків, а також О. Волошин, Л. Буяк, М. Коробова, А. Онищенко, Ю. Тадеєв [1-3, 5], Р. Білоскурський, А. Верстяк та інші. У їх працях розвинуто теорію балансових та оптимізаційних моделей еколого-економічної взаємодії.

Тематика наукових праць, пов'язаних з еколого-економічною взаємодією та сталим розвитком, широка і багатогранна, охоплює велику кількість конкретних і загальних висновків та рекомендацій щодо реалізації процесів екологізації сучасної економіки. Проте їх аналіз свідчить, що багато питань, наприклад, тих, що пов'язані з розробкою адекватних динамічних моделей еколого-економічної взаємодії, залишаються не повністю дослідженими та вимагають для свого вирішення нових наукових результатів.

Постановка завдання. Економічні, екологічні, соціальні, а тим більше еколого-економічні чи соціально-економічні системи відносяться у системному аналізі до складних динамічних систем. Моделювання є чи не найбільш вагомим і ефективним методом для їх дослідження, який дозволяє описувати поведінку об'єкта дослідження у різних просторах змінних і параметрів, проводити за допомогою відповідного програмного забезпечення імітаційні експерименти з моделями і отримувати на їх основі вкрай важливі для практики висновки та рекомендації, які можуть бути використані у прийнятті адекватних управлінських рішень.

Звичайно, що імітаційні моделі не можуть бути простими, навіть у тому випадку, коли вони описують поведінку складної системи у просторах з малою кількістю змінних, але їх використання виправдано, коли йдеться про отримання адекватних знань про об'єкт дослідження. Метою цієї праці власне і є побудова моделі, яка описує поведінку в часі так званої трисекторної економіки, враховує утилізацію виробничого забруднення та суспільно-економічну структурування та може бути використана для імітації динаміки реальних еколого-економічних систем різних рівнів агрегування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосований у працях [16-20] підхід до побудови динамічних моделей процесів еколого-економічної взаємодії узагальнимо на випадок трисекторної економіки. Інакше кажучи, розглянемо економіку, у якій виділимо три основних групи або сектори: А – основне виробництво або виробництво агрегованого матеріального продукту; В – допоміжне виробництво або утилізація екологічно небезпечних відходів основного виробництва; С – невиробничий сектор або сектор агрегованих послуг. Будемо вважати, що економічна структура суспільства, як і раніше, представлена n громадянами, які розбиті на такі групи (кластери): K_0 – пенсіонери, які не працюють ($n_0 = v_0 n$); K_1 – працівники сфери матеріального виробництва (сектор А) ($n_1 = v_1 n$); K_2 – працівники сфери знешкодження забруднювачів або утилізації виробничих решток (сектор В) ($n_2 = v_2 n$); K_3 – працівники невиробничої сфери або сфери агрегованих послуг (сектор С) ($n_3 = v_3 n$); K_4 – власники (держава, фізичні, юридичні особи) підприємств сектора А ($n_4 = v_4 n$); K_5 – власники (держава, фізичні, юридичні особи) підприємств сектора В ($n_5 = v_5 n$); K_6 – власники (держава, фізичні, юридичні особи) підприємств сектора С ($n_6 = v_6 n$). Очевидно, $v_i (i = \overline{0,6})$ – це частка кількості членів i -тої групи громадян в їх загальній кількості $\left(\sum_{i=0}^6 v_i = 1 \right)$. Як

відомо, такі категорії громадян як діти непрацездатного віку, студенти, а також безробітні, явно не представлені у вищенаведеній кластеризації суспільства, оскільки вони не займаються економічною діяльністю. З відомих нам причин ці категорії громадян не беруть безпосередньої участі у перелічених сферах діяльності, живуть фактично на утриманні інших громадян, що включені у вище наведені групи, тому в рамках даного дослідження вони не враховані. Крім того, припускається, що кількість працюючих пенсіонерів досить мала, тому вона не складає окремого суспільного кластеру.

Перелічені групи громадян мають певні заощадження (гроші, цінні папери) $z_i (i = \overline{0,6})$, які вважаються однаковими всередині кожної групи та визначають їх відповідну фінансову спроможність. Нехай 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 потреби ($\gamma_i z_i$), на агреговану послугу ($\delta_i z_i$) за ціною p_C ($\alpha_i \geq 0, \beta_i \geq 0, \gamma_i \geq 0, \delta_i \geq 0, \alpha_i + \beta_i + \gamma_i + \delta_i \leq 1, i = \overline{0,6}$). Крім того, нехай $\gamma_i = 0 (i = \overline{0,3}), \beta_i = 0 (i = \overline{0,3,5})$. Припустимо також, що попит на основний продукт споживача $i (i = \overline{0,6})$ описується функцією попиту $q_A = q_A \left(\frac{\alpha_i z_i}{p_A} \right) = q_A (s_A^{(i)})$, де $\alpha_i z_i$ – частина заощаджень одного споживача i -тої групи, які витрачаються на споживання основного продукту;

обсяг виробленого основного продукту, що припадає на одного працівника сектора А – виробничою функцією або функцією пропозиції основного

продукту $f_A = f_A\left(\frac{n_4\gamma_4 z_4}{n_1 p_A}\right) = f_A(\tilde{s}_A)$, де $\gamma_4 z_4$ – частина заощаджень одного власника сектора А, які спрямовуються у виробництво основного продукту;

обсяг утилізованого забруднення, що припадає на одного працівника сектора В – виробничою функцією або функцією пропозиції

$$\varphi_B = \varphi_B\left(\frac{n_4\beta_4 z_4 + n_5\gamma_5 z_5 + n_6\beta_6 z_6}{n_2 p_B}\right) = \varphi(\tilde{s}_B);$$

$$\psi_B(\tilde{s}_B) = \frac{n_2 \varphi_B(\tilde{s}_B)}{n_5} \text{ – попит на утилізацію забруднення в розрахунку на}$$

власника сектора В;

попит на агреговану послугу споживача i ($i = \overline{0,6}$) – функцією попиту

$$q_C = q_C\left(\frac{\delta_i z_i}{p_C}\right) = q_C(s_C^{(i)}), \text{ де } \delta_i z_i \text{ – частина заощаджень одного споживача } i\text{-тої}$$

групи, які можуть бути використані на послугу;

кількісна оцінка запропонованої послуги, в розрахунку на одного працівника сектора С – функцією пропозиції послуг (або функцією

$$\text{виробництва послуг) } f_C = f_C\left(\frac{n_6\gamma_6 z_6}{n_3 p_C}\right) = f_C(\tilde{s}_C), \text{ де } \gamma_6 z_6 \text{ – частина заощаджень}$$

одного власника установ сектора С, які можуть витратитись на надання послуг.

Логічно вважати також, що загальна кількість виробничих відходів (решток) підприємств сектора А, як і раніше, прямо пропорційна з деяким коефіцієнтом λ ($0 < \lambda < 1$) до загальної кількості виробленої основної продукції (в розрахунку на одного працівника сектора А ця кількість рівна $\lambda f_A(\tilde{s}_A)$). Зауважимо, що надалі йдеться тільки про утилізацію відходів основного виробництва.

Приступимо до опису моделі. Представники груп K_0, K_1, K_2, K_3 отримують сталий дохід d_0, d_1, d_2, d_3 (в натуральних одиницях (н.о)) у формі пенсії чи зарплати, тому граничний приріст заощаджень пенсіонера дорівнює різниці між його сталим доходом і видатками на споживання агрегованого продукту та агрегованої послуги, а представників груп K_1, K_2, K_3 – різниці між їх сталими доходами, зменшеними на величину податку (податкова ставка k_0) і видатками на споживання агрегованих продуктів і послуг:

$$\frac{dz_0}{dt} = p_A [d_0 - q_A(s_A^{(0)})] - p_C q_C(s_C^{(0)}), \quad (1)$$

$$\frac{dz_i}{dt} = p_A [d_i(1 - k_0) - q_A(s_A^{(i)})] - p_C q_C(s_C^{(i)}), i = \overline{1,3}. \quad (2)$$

Власники підприємств (сектори А, В) чи установ (сектор С), крім податку на дохід (ставка k_0) сплачують також податок на фонд заробітної плати (ставка k_1), додану вартість (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, λ_C – частка витрат в секторі С). Тоді зміна заощаджень власника підприємств сектора А описується різницею між його доходом від збуту виробленої продукції, зменшеним на величину податку та видатками на особисте споживання основного продукту, придбання послуги, утилізацію виробничих решток, заробітну плату, податок на фонд заробітної плати, внутрішні потреби своєї діяльності, податок на додану вартість, тобто

$$\begin{aligned} \frac{dz_4}{dt} = & \frac{p_A(1-k_0)}{n_4} \sum_{i=0}^6 n_i q_A(s_A^{(i)}) - p_A q_A(s_A^{(4)}) - p_C q_C(s_C^{(4)}) - \beta_4 z_4 - \\ & - \frac{p_A}{n_4} [n_1 d_1(1+k_1) + n_1(\lambda_A + k_2) f_A(\tilde{s}_A)]. \end{aligned} \quad (3)$$

Прирости заощаджень власників допоміжних (або утилізаційних) підприємств дорівнюють різниці між їх доходами від утилізації (при цьому враховується загальне капіталозабезпечення робочого місця у секторі В) виробничих решток сектора А, зменшеними на величину податку та видатками на особисте споживання, придбання послуги, заробітну плату робітників сектора В, податок на фонд заробітної плати, виробничі потреби, податок на додану вартість:

$$\begin{aligned} \frac{dz_5}{dt} = & (1-k_0) p_B \psi_B(\tilde{s}_B) - p_A q_A(s_A^{(5)}) - p_C q_C(s_C^{(5)}) - \\ & - \frac{p_B}{n_5} [n_2 d_2(1+k_1) + n_2(\lambda_B + k_2) \varphi_B(\tilde{s}_B)]. \end{aligned} \quad (4)$$

Зміна заощаджень власників установ сектора С характеризується різницею між їх доходами від надання послуг, зменшеними на величину податку та видатками на споживання основного продукту, придбання послуги, утилізацію виробничих відходів, заробітну плату працівникам сектора С, податок на фонд заробітної плати, внутрішні потреби своєї діяльності, податок на додану вартість (чи право займатись відповідною діяльністю):

$$\begin{aligned} \frac{dz_6}{dt} = & \frac{p_C}{n_6} \cdot (1-k_0) \cdot \sum_{i=0}^6 n_i q_C(s_C^{(i)}) - p_A q_A(s_A^{(6)}) - p_C q_C(s_C^{(6)}) - \beta_6 z_6 - \\ & - \frac{p_C}{n_6} [n_3 d_3(1+k_1) + n_3(\lambda_C + k_2) f_C(\tilde{s}_C)]. \end{aligned} \quad (5)$$

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

$$\frac{dp_A}{dt} = \theta_A \left[\sum_{i=0}^6 n_i q_A(s_A^{(i)}) - n_1 f_A(\tilde{s}_A) \right], \quad (6)$$

де θ_A – сталий коефіцієнт регулювання ціни на ринку основної продукції.

Динаміка тарифу p_B за утилізацію одиниці решток також залежить від різниці між попитом на виробничі рештки та їх загальною пропозицією, тобто

$$\frac{dp_B}{dt} = \theta_B [n_5 \psi_B(\tilde{s}_B) - \lambda n_1 f_A(\tilde{s}_A)], \quad (7)$$

де θ_B – сталий коефіцієнт регулювання тарифу на ринку утилізації.

Динаміка ціни послуги визначається різницею між попитом на неї та її пропозицією:

$$\frac{dp_C}{dt} = \theta_C \left[\sum_{i=0}^6 n_i q_C(s_C^{(i)}) - n_3 f_C(\tilde{s}_C) \right], \quad (8)$$

де θ_C – коефіцієнт регулювання ціни на ринку послуг.

Задамо для шуканих динамічних змінних початкові умови (умови Коші):

$$z_i(t_0) = z_i^{(0)} (i = \overline{0,6}), p_A(t_0) = p_A^{(0)}, p_B(t_0) = p_B^{(0)}, p_C(t_0) = p_C^{(0)}. \quad (9)$$

Отже, трисекторна модель екологічно збалансованої економіки з урахуванням економічної структури суспільства побудована у просторі економічних змінних $\{z_i (i = \overline{0,6}), p_A, p_B, p_C\}$ і формалізована співвідношеннями (1)-(9). У математичному плані вона є задачею Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь. У загальному випадку для її розв'язання можна скористатись числовими методами. Розв'язок моделі (1)-(9) дозволяє не лише спрогнозувати динаміку заощаджень для представників груп $K_i (i = \overline{0,6})$, тобто реконструювати економічну структуру суспільства, але й динаміку цін основного агрегованого продукту та агрегованої послуги, тарифу за утилізацію виробничих решток, що в цілому дозволяє вивчати вплив суспільно-економічної структуризації на процеси еколого-економічної взаємодії та здійснити якісний аналіз динаміки досліджуваних еколого-економічних систем.

Зупинимось також на ще одному питанні, яке стосується співвідношень (3) і (5). Нехай представники груп K_4 та K_6 повинні не просто виділити на утилізацію певні частки своїх заощаджень, а оплатити відповідні цим часткам обсяги попиту на утилізацію. Крім того, нехай функція ψ_B (а значить і φ_B) така, що

$$\begin{aligned} \psi_B \left(\frac{n_4 \beta_4 z_4 + n_5 \gamma_5 z_5 + n_6 \beta_6 z_6}{n_2 p_B} \right) &= \psi_B(\tilde{s}_B) = \psi_B(s_B^{(4)} + s_B^{(5)} + s_B^{(6)}) = \\ &= \psi_B(s_B^{(4)}) + \psi_B(s_B^{(5)}) + \psi_B(s_B^{(6)}), \end{aligned}$$

де $s_B^{(4)} = n_4 \beta_4 z_4 / n_2 p_B$, $s_B^{(5)} = n_5 \gamma_5 z_5 / n_2 p_B$, $s_B^{(6)} = n_6 \beta_6 z_6 / n_2 p_B$, тобто кожна складова її аргументу є за змістом капіталозабезпеченням робочого місця у секторі В, що формується вкладеннями в утилізацію відповідно груп K_4, K_5, K_6 . Це фактично означає, що кожна складова загального капіталозабезпечення створює свою пропозицію утилізованого забруднення і свій попит на нього у одного власника утилізованих підприємств, тобто капіталозабезпечення $s_B^{(4)}$ та $s_B^{(5)}$, що формуються власниками секторів А та С, приводять до того, що ці власники повинні оплатити власникам сектору В обсяги їх попиту на утилізацію $n_3 \psi_B(s_B^{(4)})$ та $n_3 \psi_B(s_B^{(5)})$. Отже, у цьому випадку у правих частинах

рівнянь (3) і (5) потрібно віднімати відповідно не $\beta_4 z_4$ і $\beta_6 z_6$, а $\frac{n_5 p_B \psi_B(s_B^{(4)})}{n_4}$ і $\frac{n_5 p_B \psi_B(s_B^{(5)})}{n_6}$ (обсяги вкладень в утилізацію та обсяги попиту на утилізацію не обов'язково є прямо пропорційними).


Зазначимо, що припущення про те, що та чи інша група вкладників своїх заощаджень в утилізаційні підприємства компенсує групі власників підприємств В вартість їхнього попиту на утилізацію, що відповідає відповідному обсягу вкладень, слушне для будь-яких класів функцій попиту на утилізацію.

Якщо в досліджуваній еколого-економічній системі встановлені певні екологічні стандарти, наприклад, встановлений максимально допустимий обсяг неутилізованих виробничих решток θ , то модель (1)-(9) можна підкоригувати обмеженням на загальний обсяг неутилізованого (незнищеного) забруднення у вигляді

$$n_1 \lambda f_A(\tilde{s}_A) - n_5 \psi_B(\tilde{s}_B) = \theta$$

або

$$n_1 \lambda f_A(\tilde{s}_A) - n_5 \psi_B(\tilde{s}_B) \leq \theta.$$

Ці співвідношення формалізують умови еколого-економічної рівноваги, які дозволяють збалансувати частки заощаджень γ_4 , β_4 та γ_5 ,  відповідно представників групи K_4 та K_5, K_6 , виділених на виробництво основної продукції, забезпечення послуг та утилізацію.

Висновки. Запропонована модель може бути у різний спосіб модифікована, наприклад, за рахунок ширшого або важчого спектру кластеризації суспільства, іншого способу формування капіталозабезпечення робочого місця у секторі утилізації виробничих відходів тощо. Всі змінні моделі за своєю сутністю є агрегованими, тому вони відтворюють агреговану динаміку поведінки елементів відповідних суспільних груп, цін на основну продукцію, тарифів на утилізацію забруднювачів. Інакше кажучи, динаміка цих змінних є агрегованою (усередненою), тобто слугує для визначення та прогнозування агрегованих (усереднених) тенденцій та трендів динаміки еколого-економічних систем. Така специфіка описаної у роботі моделі дозволяє використовувати її як на регіональному рівні, так і на макрорівні (рівні окремої країни), що безпосередньо пов'язано з відповідним рівнем її параметризації. Етап параметризації моделі також є непростим, оскільки вимагає адекватної статистичної інформації та адекватних експертних і встановлених на основі імітаційних експериментів оцінок, однак ця задача не є предметом досліджень, викладених у даній праці.

Література

1. Ляшенко И. Н. Методы эколого-экономического моделирования / И. Н. Ляшенко, М. В. Михалевич, Н. У. Утеулиев. – Нукус : Билим, 1994. – 236 с.
2. Ляшенко І. М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку / І. М. Ляшенко. – К. : Вища школа, 1999. – 236 с.
3. Григорків В. С. Моделювання еколого-економічної взаємодії / В. С. Григорків. – Чернівці : Рута, 2007. – 84 с.
4. Дробноход М. Україна в контексті апокаліптичного розвитку людства / М. Дробноход // Наукові записки АН ВШ України. – 2010. – Том V. – С. 5-36.
5. Онищенко А. М. Моделювання еколого-економічної взаємодії в процесі виконання рішень Кіотського протоколу : [монографія] / А. М. Онищенко. – Полтава : Полтавський літератор, 2011. – 398 с.
6. Леонтьев В. В. Межотраслевой анализ влияния структуры экономики на окружающую среду / В. В. Леонтьев, Д. Форд // Экономика и математические методы. – 1972. – Т.8. – № 3. – С. 370-400.
7. Ayres P. U. Production, Consumption and Externalities / P. U. Ayres, A. V. Kneese // The American Economic Review. – 1969. – V. 59(3). – P. 27-39.
8. Willen J. A model of Economic System-ecosystem Interaction / J. Willen // Journal Environment and Planning. – 1973. – V. 15. – P. 35-44.
9. Shimazu I. Terrestrial Environmentology / I. Shimazu, K. Sugijama, T. Kojima // Journal Earth Sci., Nagoya Univ. – 1972. – V. 20. – P. 5-12.
10. Tinberg T. Controlling Pollution by Price and Standard System / T. Tinberg // Swedish Journal Econ. – 1973. – V. 75(2). – P. 40-52.
11. Daly H. E. Economics as a Life Science / H. E. Daly // The Journal of Political Economy. – 1968. – V. 76. – № 3. – P. 392-406.
12. Рюмина Е. В. Экологический фактор в экономико-математических моделях / Е. В. Рюмина. – М. : Наука, 1980. – 166 с.
13. Раяцкас Р. Л. Окружающая среда и проблемы планирования / Р. Л. Раяцкас, В. П. Суткайтис. – М. : Наука, 1981. – 272 с.
14. Форрестер Дж. Мировая динамика / Дж. Форрестер. — М. : Наука, 1978. – 168 с.
15. Пределы роста / [Медоуз Донелла Х., Медоуз Деннис Л., Рэндерс Йорген, Беренс III Вильям] ; [пер. с англ. А. С. Саркисова / науч. ред. Д. Н. Кавта – радзе]. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 206 с.
16. Григорків М. В. Екологічна структура суспільства та її роль у процесах соціально-економічної та еколого-економічної взаємодії / М. В. Григорків // Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. – Чернівці : ЧТЕІ КНТЕУ, 2011. – Вип. IV (44). Економічні науки. – С. 42-49.
17. Григорків М. В. Двосекторна модель еколого-економічної динаміки в умовах економічної кластеризації суспільства / М. В. Григорків // Фінансова система України. Збірник наукових праць. – Острог : Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2011. – Випуск 16. Економічні науки. – С. 585-591.

18. Григорків М. Моделювання залежних від фінансової спроможності функцій економічної поведінки / М. Григорків // Галицький економічний вісник. – 2012. – № 2(35). – С. 114-123.

19. Григорків М. В. Моделювання еколого-економічної взаємодії у просторі показників економічної структури суспільства, цін і забруднення довкілля / М. В. Григорків // Науковий вісник Ужгородського університету Серія «Економіка». Випуск 3 (40). – Ужгород, 2013 – С. 111-115.

20. Паучок В. К. Параметризація математичних моделей еколого-економічних систем у просторі показників економічної структури суспільства, цін та забруднення довкілля / В. К. Паучок, Л. М. Буяк, М. В. Григорків // Інноваційна економіка, № 7(45), 2013. – С. 329-334.