

Економіко-математичні підходи моделювання процесів сталого розвитку територій²

У статті аналізуються деякі підходи до моделювання сталого розвитку на регіональному та макроекономічному рівнях. Зокрема значна увага приділяється підходами сильної та слабкої сталості. Досліджуються питання взаємозв'язків між економічним зростанням та станом навколишнього природного середовища. Розкриваються підходи оцінки економічної ефективності природоохоронних заходів.

Ключові слова: економіко-математичні методи, сталий розвиток, економічне зростання, сильна та слабка сталість, екологічна крива Кузнеця.

Вступ

Суспільне виробництво є базисом соціально-економічного розвитку. Основу суспільного виробництва становлять економічні процеси, пов'язані з виробництвом і споживанням товарів та послуг. Можна стверджувати, що формування екологічно збалансованого розвитку і забезпечення національної екологічної безпеки в будь-якій країні неможливе без раціонального природокористування та охорони довкілля. Значну роль в забезпеченні раціонального природокористування та забезпечення екологічно сталого розвитку займають процеси екологізації економічної системи. Під екологізацією економіки слід розуміти цілеспрямований процес перетворення економіки, зорієнтований на зменшення інтегрального екодеструктивного впливу процесів виробництва і споживання товарів і послуг у розрахунку на одиницю сукупного суспільного продукту. Охорона навколишнього природного середовища пов'язана з розробленням і здійсненням комплексу екологічно спрямованих заходів, що запобігають або знижують негативну дію антропогенної діяльності на природу. Значним питанням, що потребує уваги є розгляд підходів моделювання, що відображає процеси співіснування економічної та природної системи.

Постановка завдання

В даній статті ставляться задачі оцінки окремих підходів до моделювання сталого розвитку територій.

Теоретичні підходи оцінки ефективності природоохоронних заходів

Охорона навколишнього природного середовища пов'язана з розробленням і здійсненням комплексу екологічно спрямованих заходів, що запобігають або знижують негативну дію антропогенної діяльності на природу. Природоохоронні заходи розглядаються в вузькому і широкому розумінні. У *вузькому розумінні* – це ті види господарської діяльності, які безпосередньо спрямовані на вирішення певних природоохоронних завдань. Як правило, подібні заходи мають одноцільову спрямованість, тобто вони призначені для досягнення однієї конкретної природоохоронної цілі. У *широкому розумінні* до середовищезахисних можна віднести всі види господарської діяльності, що як прямо, так побічно сприяють зниженню або ліквідації негативних дій людини на довкілля. Зокрема, вже згаданих вище природоохоронних заходів до екологічно спрямованих дій у широкому розумінні належать ті, які так чи інакше підвищують загальну ефективність функціонування економічних систем. У кінцевому підсумку це обумовлює зменшення ресурсомісткості (матеріаломісткості, енерго- чи водомісткості) виробництва одиниці продукції (виконання певної роботи, надання послуг). Інакше кажучи, зменшується питома потреба у зазначених ресурсах. Безпосередніми наслідками цього є відносне зменшення екологічного тиску на стадіях виробництва: зникає (або зменшується) потреба у ресурсі – зникають (або зменшуються) і негативні наслідки його виробництва. Як правило, екологічно спрямовані заходи непрямої дії мають багатоцільовий характер. Крім екологічних ефектів, вони дають можливість отримати цілу низку економічних та соціальних результатів (зокрема, зменшення виробничих та невиробничих витрат, поліпшення за рахунок цього достатку людей тощо). Все це робить оцінку їх ефективності справою вельми складною та дискусійною. Визначення економічної ефективності середовищезахисних заходів містить дві групи взаємозв'язаних економічних і соціальних задач:

1. Задача раціонального використання ресурсів (фінансових, матеріальних, трудових).
2. Задача якнайкращого задоволення соціальних (суспільних) потреб природокористувачів у природних ресурсах і умовах, а також в чистоті і різноманітності довкілля.

Треба мати на увазі, що теоретично в чистому вигляді не існує ні економічних, ні соціально-екологічних завдань. Є завдання соціально-еколого-економічні, при вирішенні яких задоволення соціальних потреб є

Кубатко Олександр Васильович, аспірант кафедри економіки Сумського державного університету; *Лук'яненко Віра Василівна*, студентка факультету економіки та менеджменту Сумського державного університету; *Могиленець Тетяна Вікторівна*, студентка факультету економіки та менеджменту Сумського державного університету.

² Статтю підготовлено за науковою редакцією завідувача кафедри економіки Сумського державного університету, д.е.н., проф. Мельника Л.Г.

метою, а економічні можливості – засобом досягнення цілей. Крім того, оцінка ефективності природоохоронних заходів – це ще і морально-етична проблема, оскільки здійснення цих заходів торкається інтересів майбутніх поколінь. Таким чином, вирішення загального завдання оцінки ефективності середовищезахисних заходів пов'язано з труднощами при зіставленні витрат і результатів. Основними з них є:

- визначення величини різномірних витрат і їх зіставлення.
- вимірювання кінцевих результатів і їх зіставлення за соціальною корисністю для різних природокористувачів;
- облік чинника різночасності витрат і результатів, чинника невизначеності, (ризик) соціально-економічних і екологічних процесів.

Принципова проблема тут полягає в тому, що результати природоохоронної діяльності досить різноманітні і різноякісні і немає єдиної кількісної міри їх вимірювання. Тобто результатом здійснення природоохоронних заходів є:

- не тільки зміна якісних і кількісних характеристик природних ресурсів і умов, але і зміна умов праці, побуту і відпочинку населення;
- зміна рекреаційної і естетичної цінності природних комплексів;
- зміна видового різноманіття флори і фауни та ін.

При цьому необхідно враховувати як соціально-економічні, так і демографічні, національні, політичні та інші наслідки цих змін [1].

Екологічна крива Кузнеця в структурі моделей сталого розвитку територій

В екологічній економіці та економіці природокористування прийнято розглядати та прогнозувати тенденції розвитку забруднення на основі моделі «доходи-забруднення», дана модель хоч і не є універсальною, але все ж на достатньо високому теоретичному та науковому рівнях обґрунтовує відповідні залежності. Вітчизняними та західними вченими було розроблено моделі, що пояснюють стан забруднення атмосфери доходами населення, яке проживає на відповідній території. Модель «доходи-забруднення» передбачає, що на початкових етапах розвитку країни (регіону), коли доходи населення незначні, концентрація шкідливих речовин в повітрі зростає внаслідок індустріалізаційних процесів і використання технологій низької якості, але потім коли населення стає багатшим, забруднення починає спадати.

Обернена U-подібна форма зв'язків між забруднення і доходами на душу населення може бути пояснена декількома припущеннями. Так згідно [2] ЕКК може спостерігатися завдяки негомотичним преференціям економічних агентів. Під гомотичними індивідуальними преференціями розуміється, що зростання доходу веде до зростання споживання, яке в свою чергу збільшує забруднення. В той час, як негомотичні преференції означають, що зростання доходу може супроводжуватися зменшеним споживанням і забрудненням. Продовжуючи серію припущень ЕКК в роботі [3] запропоновано розглянути наступні припущення, щоб пояснити куполоподібну форму зв'язків між доходами і забрудненням:

- 1) зі зростанням доходу гранична (маржинальна) схильність до споживання повинна зменшитися чи хоча б залишатися постійною;
- 2) граничне (маржинальне) невдоволення забрудненням середовища повинно зростати;
- 3) граничні (маржинальні) економічні витрати забруднення повинні зростати.

Таким чином, не зважаючи на складності в екологічній ситуації країни, населення в першу чергу реагує саме на економічні явища, і тяжке матеріальне становище здається більш небезпечним, ніж вплив на здоров'я несприятливої екологічної ситуації. Відповідно з покращенням економічної ситуації та володінням значним фінансовим ресурсом (доходами) споживачі можуть купувати екологічно чисті товари та послуги, в той час як виробники мають змогу впроваджувати ресурсозберігаюче та очисне обладнання, в наслідок чого послаблюється антропогенний вплив на довкілля [4]. Маючи всі ці припущення на увазі декілька теорій з'явилось, щоб пояснити форму зв'язків між доходом і забрудненням. По-перше, дослідження пропонується розділяти зменшення забруднення на два ефекти: технічний і композиційний. Технічний ефект асоціюється з використанням більш продуктивних технологій, менш шкідливих ресурсів і обладнання, таке обладнання є дружнім для навколишнього природного середовища. Забезпечення технічного ефекту можливо лише в умовах зростання доходів на душу населення. На ранніх етапах розвитку країни технічний ефект приносить негативний вплив на навколишнє середовище завдяки інтенсивній експлуатації ресурсів. Композиційний ефект пояснює гіпотезу ЕКК зі структурової точки зору. В процесі розвитку країни, коли країна стає багатшою частка індустріального сектору зменшується по відношенню до сервісного сектору, а ті нові виробничі потужності, що постають є більш дружніми для довкілля.

Інший теоретичний підхід, який пояснює форму ЕКК припускає, що природне середовище є товаром вищої категорії, це означає, що якщо доход зростає на 1%, то попит на чисте середовище зростає більш, ніж на 1%. Так, наприклад, дослідження зроблено Макконелом [5] показало, що довкілля в країнах Європи вважається нормальним товаром з еластичністю доходу трохи більше за одиницю.

Нижче ми приводимо власне бачення теоретичного пояснення явища ЕКК, враховуючи закони розвитку економічних систем.

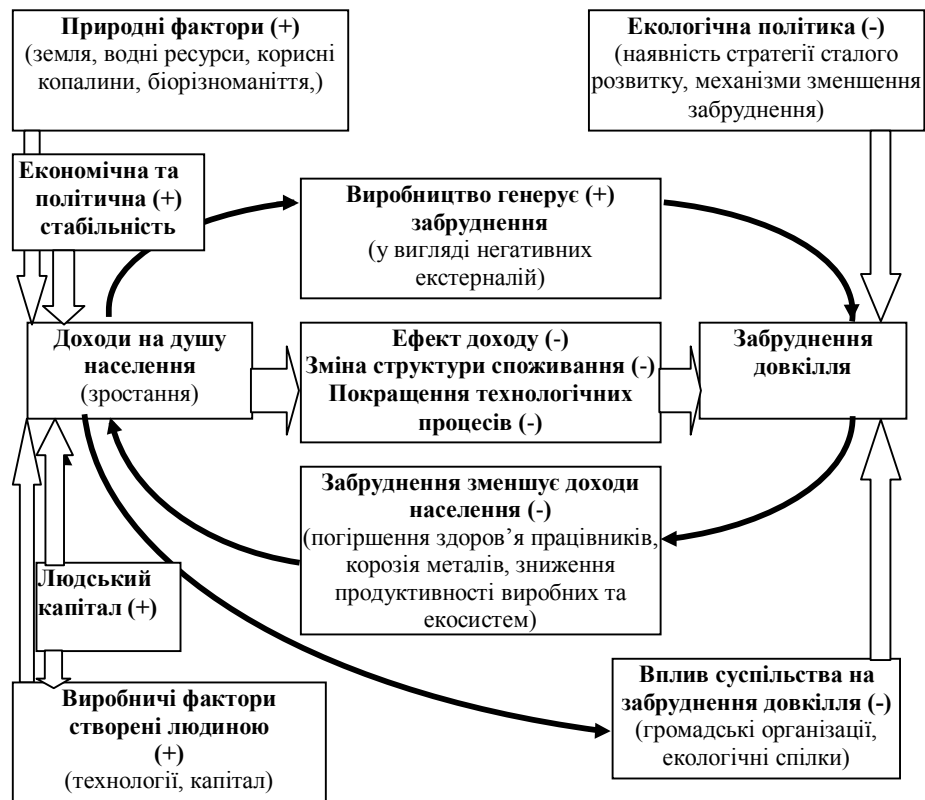


Рис. 1. Структурно-логічна схема формування залежностей «доходи-забруднення».

Теоретичні дослідження ЕКК так же як і емпіричні розпочалися з праці [6], яка дійсно відкрила новий напрямок в екологічній економіці. Так вченими Гросманом та Крюгером було оцінено модель для забруднення на міждержавному рівні. Залежною змінною виступили концентрації шкідливих речовин в повітрі, в той час як пояснювальними змінними були поточні і минулі значення доходів на душу населення. Числові дані для дослідження були взяті з GEMS/Атмосферний проект. В моделі було використано інформацію по 28 країнах і основною перевагою скороченої форми моделі є те, що вона дозволяє оцінити чистий ефект впливу доходів на забруднення. Під скороченою формою моделі розуміється те, що серед пояснюючих факторів присутні лише доходи на душу населення, а інші фактори, що могли б пояснити концентрацію шкідливих речовин в повітрі не включені до моделі. Іншою перевагою скороченої форми є те що вона не залежить від державних регулювань і стану технології, тобто всі країни знаходяться в рівних умовах і відрізняються лише рівнями доходів на душу населення.

Модель [6] представлена таким чином:

$$Y_{it} = \beta_1 G_{it} + \beta_2 G_{it}^2 + \beta_3 G_{it}^3 + \beta_4 \overline{G_{it}} + \beta_5 \overline{G_{it}^2} + \beta_6 \overline{G_{it}^3} + X_{it} \beta_7 + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

де Y_{it} – ступінь забруднення води і повітря на станції i в році t ;

G_{it} – ВВП на душу населення в році t в країні, де станція i розташована;

$\overline{G_{it}}$ – середній рівень ВВП на душу населення за останні три роки;

X_{it} – вектор інших змінних;

ε_{it} – похибка моделі.

До вектора інших змінних було включено такі фактори, як розміщення станції (сільська чи міська місцевість), особливості території поблизу (індустріальна, комерційна, житлова, невідома). Густота населення в місті, а також характер міста (на скільки далеко місто від моря, відображаючи абсорбуючі властивості атмосфери). Три річний лаг був запропонований з метою апроксимації гіпотези перманентного доходу. Більше того вчені допускають, що лагові змінні доходів на душу населення мають також значущий вплив на забруднення. Головним результатом моделювання було те, що при малих значеннях доходу на душу населення забруднення зростає в той час як при більших значеннях зв'язок починає бути спадати.

Наукові підходи оцінки сильної та слабкої сталості розвитку економічних систем

Стійкий розвиток – такий розвиток суспільства, за якого задоволення потреб у природних ресурсах теперішніх поколінь не повинно ставити під загрозу можливості майбутніх поколінь задовольняти в них свої потреби, коли будуть узгоджені екологічні, економічні та соціальні складові розвитку, коли техногенне навантаження не буде перевищувати можливостей навколишнього природного середовища до самовідновлення, а суспільство усвідомить перевагу екологічних пріоритетів над іншими [7, с. 15].

У науково-методичних працях та практиці ідеї сталого розвитку досліджуються з позицій сильної та слабкої стійкості. Підходи слабкої та сильної стійкості аналізуються для природного і штучного капіталів та реалізуються в залежності від здатності одного виду (напр., природний) капіталу замінити інший (напр., штучно-створений). Головною умовою прийняття позиції слабкої стійкості є припущення, що природний та штучно-створений капітали є взаємозамінюючі фактори виробництва, тобто є субститутами. Умовою прийняття концепції сильної стійкості є припущення, що природний та штучно-створений капітали є взаємодоповнюючими факторами виробництва. Зрозуміло, що величина заміни між відновлювальними та не відновлювальними факторами виробництва відіграє значну роль, питання полягає саме в визначенні ступеня комплементарності (субституції) між названими факторами виробництва. Представники обох концепцій найчастіше оцінюють можливості для заміщення природного капіталу штучно-створеним.

У праці [8] ефективність організації економічної системи на засадах сильної (слабкої) сталості рекомендується визначати на основі функції Коба-Дугласа, з двома факторами виробництва: невідновлювальним ресурсом (R), та промисловим капіталом (K). Теоретичними припущеннями даної моделі є повністю конкурентне середовище, постійна чисельність населення та виробнича функція Коба-Дугласа з постійною віддачею від масштабу, має наступний вигляд:

$$Q = K^\alpha R^\beta, \quad (\alpha + \beta) = 1 \quad (2)$$

Тоді при відсутності технічного прогресу і при незмінній кількості населення, можливо досягти рівне споживання між поколіннями, якщо частка загального випуску, що припадає на капітал, більша, ніж частка що припадає на невідновлювальний ресурс, тобто при умові, $\alpha > \beta$. На інтуїтивному рівні досягнення сталості на основі (2) можливо і це пояснюється наступним чином: при умові $\alpha > \beta$, природний ресурс стає замінюваним благом, і зростання (підтримання) об'ємів виробництва відбувається за умови збільшення промислового (штучного) капіталу при зменшенні вичерпних джерел.

Наступними способами визначення сильної і слабкої стійкості може бути методика на основі теоретичних припущень, що випуск національного продукту найкращим чином описується через виробничу функцію з постійною еластичністю заміни між факторами виробництва, тобто CES (*constant elasticity of substitution*), а також, незмінною віддачею від масштабу, і як в попередньому випадку, двома факторами виробництва, невідновлювальним ресурсом (R), та промисловим капіталом (K). Модель CES представлена наступним чином:

$$Q = A(\alpha K^{-\theta} + \beta R^{-\theta})^{-\varepsilon/\theta}, \quad (\alpha + \beta) = 1 \quad (3)$$

Тоді при відсутності технічного прогресу, і постійній чисельності населення, можливо досягти рівного споживання між поколіннями, за умови, якщо еластичність заміни $\sigma = 1/1 + \theta$ буде більше або рівна одиниці. За умови виробничої функції CES та навіть відсутності природного капіталу, випуск виробництва не зупиниться як це станеться при прийнятті функції Коба-Дугласа. При $\sigma = 1$, CES зводиться до часткового випадку функції Коба-Дугласа.

Таким чином, використовуючи певний набір наукових припущень можливо побудувати модель, що буде відображати властивості економічних систем з урахуванням вимог сталого розвитку.

Висновки

Підсумовуючи викладене потрібно зауважити, що розвиток науки в галузях сталого розвитку ще не прийшов до загальноприйнятих методик вимірювання досягнень економічної діяльності. Велика кількість підходів обумовлена різними задачами і цілями, що переслідуються в кожній конкретній роботі. В статті було зроблено спробу проаналізувати окремі методичні підходи по вимірюванню сталого розвитку і продемонструвати концептуальні підходи для узагальнення вже існуючих показників сталого розвитку. Найчастіше в наукових працях використовується науково-методичні підходи, що відображають окремі аспекти сталого розвитку. У рамках всієї системи моделей можуть виділятися такі підсистеми різних рівнів і напрямків: екологічні, економічні, соціальні, інституціональні тощо. Створення узагальненої моделі для всієї економічної системи країни повинно ґрунтуватися на інтеграції трьох груп показників: еколого-економічних, еколого-соціально-економічних і екологічних.

1. *Основи екології*. Екологічна економіка та управління природокористуванням : підручник ; за заг. ред. д.е.н., проф. Л. Г. Мельника та к.е.н., проф. М. К. Шапочки. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2005. – 759 с.
2. Lopez R. The environment as a factor of production: The Effect of Economic Growth on the trade Liberalization / Ramon Lopez // *Journal of Environmental Economics and Management*. – 1994. – Vol. 27. – Pp. 163–184.

3. Dasgupta S. Confronting the Environmental Kuznets Curve. / Dasgupta Sasmita, Laplante Bnoit // Journal of Economic Perspective. – 2002. – Vol.16, № 1. – Pp. 147–168.
4. Мельник Л. Чи існує взаємозв'язок між доходами у суспільстві і забрудненням середовища / Л. Мельник, С. Маслова // Економіка України. – № 8. – 1999. – С. 62–64.
5. McConnell K. Income and demand for environmental quality / Kenneth McConnell // Environment and development Economics. – 1997. – Vol. 2. – Pp. 383–400.
6. Grossman G. Economic Growth and the Environment / G. Grossman, A. Krueger // Quarterly Journal of Economics, 1995. – Vol. 110. – Pp. 353-377.
7. Концепція переходу України до сталого розвитку // Вісник НАН України. – 2007.– № 2. – С. 15–44. (Проект Концепції розроблявся на виконання розпорядження Президії НАН України від 02.06.06 року № 355 «Про підготовку проекту Концепції переходу України до сталого розвитку», голова робочої групи академік НАН України Кухар В. П.).
8. Экономика природных ресурсов и охраны окружающей среды (промежуточный уровень) / [Р. Перман, Ю Ма, Дж. Макгилври, М. Коммон] ; пер. с англ. В. Н. Сидоренко, А. С. Фатьяновой ; под науч. ред. В. Н. Сидоренко. — [3-е изд.]. — М. : ТЕИС, 2006. — 1168 с.

Отримано 07.12.2009 р.

А.В. Кубатко, В.В. Лукьяненко, Т.В. Могиленец
Экономико-математические подходы моделирования
процессов устойчивого развития территорий

В данной статье анализируются подходы к моделированию устойчивого развития на региональном и макроэкономическом уровнях. Значительное внимание уделяется подходам сильной и слабой устойчивости. Исследуются вопросы взаимосвязей между экономическим ростом и качеством окружающей природной среды. Раскрываются подходы к оценке экономической эффективности природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: экономико-математические методы, устойчивое развитие, экономический рост, сильная и слабая устойчивость, экологическая кривая Кузнеца.

O.V. Kubatko, V.V. Lukjanenko, T.V. Mogilenets
Economic and methodological approaches of sustainable development modelling of territories

The article deals with the approaches to sustainable development modeling on regional and macroeconomic levels. Much of the attention is paid to the weak and strong sustainability. The pollution-income relationships are analyzed in the article. The approaches to economic efficiency of ecological events are analyzed.

Keywords: Economic and mathematical methods, sustainable development, economic growth, strong and weak sustainability, ecological Kuznets curve.