

А. М. Онищенко,
к. е. н., доцент,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ В ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІЙ СИСТЕМІ

У статті проведено дослідження технологічної структури виробництва еколого-економічної системи з врахуванням впровадження технологічних інновацій. Зокрема, на основі розподілу виробничих потужностей за технологіями побудовано відповідне рівняння динаміки при заданих початкових умовах та обмеженнях на економічні та екологічні ресурси.

In the article was researched a technical structure of production in the ecology-economy system with the implementation of innovations. On the ground of the distribution of the investments on the technology was built dynamic equation of the distribution of the production output on the technology, which are characterized by the economical costs (labour) and ecological costs (limit of the contaminant).

Ключові слова: еколого-економічна система, еколого-економічне моделювання, технологічна структура, науково-технічний прогрес.

ВСТУП

Сучасний соціально-економічний стан більшості національних економік характеризується наявністю передумов для розуміння важливості підтримки збалансованості екологічного середовища. ХХ століття принесло не лише нові ризики, а й дозволило окреслити кілька загальних шляхів протидії глобальній екологічній загрози. Найбільш перспективним серед них є реалізація концепції сталого розвитку [1]. Міжнародна комісія ООН з охорони навколишнього середовища та розвитку охарактеризувала її як шлях соціального, економічного та політичного прогресу. Розгорнутий аналіз дана концепція отримала на Конференції ООН в Ріо-де-Жанейро в 1992 році. Незважаючи на певний прогрес та успіхи, на окресленому шляху залишається ще досить багато нерозв'язаних питань.

Екологізація економіки та свідомості суспільства не є абсолютно новою проблемою. Практичне відображення екологічності тісно пов'язане, в першу чергу, з регулюванням процесів природокористування, переходу до нових "зелених" технологій у виробництві тощо. Новим у даній проблемі є еквівалентність обміну між державою, природою та людиною, що базується на сучасних наукових дослідженнях та організаційно-технічних рішеннях. Настала об'єктивна необхідність втручання в природно-екологічну сферу з метою досягнення збалансованого стану, реалізації основ глобального еколого-економічно-

го партнерства між суб'єктами підприємництва, іноземними партнерами на рівні планетарного співробітництва. Як свідчить досвід, проводити ефективну політику невиснажливого розвитку в державі досить важко навіть за умов процвітаючої економіки. Тим складнішою виглядає дана проблема в країнах, які переживають системну кризу і змушені одночасно вирішувати безліч проблем: економічних, соціальних, екологічних. Сучасний екологічний стан у таких регіонах можна охарактеризувати як кризовий, що формувався протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу. Відбувалися структурні деформації економічної системи, за яких перевага надавалася розвитку сировинно-виробничих, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості. Багатом економікам притаманна висока питома вага ресурсомістких та енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося найбільш дешевим способом — без будівництва відповідних очисних споруд. Це було можливим за відсутності ефективних правових, адміністративних та економічних механізмів природокористування та без урахування вимог охорони довкілля. Ці та інші чинники призвели до значної деградації навколишнього природного середовища, надмірного забруднення поверхневих та підземних вод, повітря та земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих відходів виробництва.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Одним з основних чинників, що найбільш гостро впливають на стан довкілля, є функціонування промислового виробництва. Особливо небезпечним вважається таке виробництво, для структури якого характерні застарілі технології та обладнання, висока енергомісткість та матеріаломісткість; високий рівень концентрації промислових об'єктів; несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв; відсутність незалежних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення тощо), низький рівень експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів; відсутність належного економічного механізму, який стимулював би розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем; відсутність належного контролю за охороною довкілля. Очевидним є необхідність реформування виробничої системи на основі передових інноваційних технологій.

Основним засобом підвищення ефективності суспільного виробництва, удосконалення структури еколого-економічної системи, забезпечення економічного зростання та розв'язання соціальних задач є науково-технічний прогрес. Він розглядається як цикл "наука — виробництво", що включає низку стадій. Кожна стадія характеризується специфічними задачами, особливим підходом до їх розв'язання, певним складом та рівнем кваліфікації учасників, вибором певних засобів та засобів праці, матеріальними та фінансовими ресурсами, різними формами об'єднання виконавців та управління їх діяльністю. Структурна перебудова економіки, орієнтована на використання екологічно безпечних та високотехнологічних виробництв на противагу матеріало- та енергоємним виробництвам, передбачає створення умов для неперервного оновлення технологій та продукції, удосконалення управління шляхом нововведень та інновацій, заснованих на сучасних наукових знаннях. Кінцевим результатом є зростання конкурентоспроможності продукції, виробництва, економіки в цілому та забезпечення виконання екологічних нормативів.

Інноваційна сфера охоплює безпосередньо сам об'єкт інновацій — технологічний процес еколого-економічної системи; її суб'єкти — виробників, а також механізм, який забезпечує впровадження інновацій до стадії їх реалізації — управління, інфраструктура, фінансова та інвестиційна політика [2]. З метою активізації інноваційної діяльності розробляється інноваційна політика, що являє собою сукупність принципів і заходів, які забезпечують створення сприятливого інноваційного клімату. Інноваційна політика є складовою частиною соціально-економічної політики. Вона об-

’єднує спільними задачами науку, техніку, виробництво, споживання, фінансову систему, освіту та орієнтована на використання інтелектуальних ресурсів, розвиток високотехнологічного виробництва та пріоритети еколого-економічної взаємодії.

Низка вчених, які займаються проблемами в галузі науково-технічного прогресу та інновацій, вважають, що в технологічних дослідженнях важливим практичним кроком повинна стати розробка моделей [3]. Необхідно запропонувати шлях розробки методів та моделей, які дали б можливість проникнути у внутрішні механізми поведінки еколого-економічних технологічних систем. Такі методи передбачають використання знань взаємозв'язку, причин та наслідків всередині технологічних систем.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У роботі [4] проведено дослідження технологічної структури виробництва еколого-економічної системи. Зокрема, на основі розподілу інвестицій за технологіями побудовано рівняння динаміки розподілу виробничих потужностей при заданих початкових умовах та обмеженнях на економічні та екологічні ресурси. При цьому розглядається галузь виробництва, що складається з окремих виробничих одиниць, кожна з яких випускає однорідний продукт, використовуючи єдину технологію. Технологія характеризується нормою витрат живої праці v та нормою витрат матеріального виробництва s на одиницю продукції. Відносно витрат живої праці, то вважається, що розподіл трудових ресурсів відбувається, головним чином, виходячи з наявного економічного потенціалу технології. У процесі зміни об'ємів робіт, структури економічної системи відповідно змінюється і попит на трудові ресурси. Виробничу одиницю охарактеризовано моментом часу створення t , використаною технологією λ , випуском забруднювачів та початковою потужністю q . Взагалі кажучи, в момент часу t виникають потужності $N(t, \lambda, q)$. Спочатку для простоти покладено функцію $I(\tau, v, s)$ неперервною та диференційованою по τ . Потужність, норма трудоемності та норма забрудненості виробничої одиниці змінюються протягом часу. Сумарна потужність отримана як інтегральна величина від початкової потужності, що зношується з темпом μ в межах встановлених ресурсних обмежень — витрат живої праці v та норми забрудненості s :

$$N(t, \lambda, q) = \int_{-\infty}^t d\tau \int_0^{\lambda e^{-\mu(t-\tau)}} \int_0^{q e^{-\eta(t-\tau)}} I(\tau, v) e^{-\mu(t-\tau)} dv ds$$

З метою врахування науково-технологічних новацій у технологічному процесі функцію $I(\tau, v, s)$ не завжди вважають неперервною. Якщо в галузі відома в кожен момент часу найкраща технологія $\theta(t, \lambda, q)$, то вважають, що:

$$I(\tau, v, s) = \delta(|\tau - v(\tau)| + |\tau - s(\tau)|),$$

де $\delta(\cdot)$ — дельта-функція Дірака [5], що має властивості:

$$\delta(x) = \begin{cases} 0, & x \neq 0, \\ \infty, & x = 0, \end{cases} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \delta(x) dx = f(0)$$

Тоді сумарна потужність виробничої одиниці визначається такою умовою:

$$N(t, \lambda, q) = \int_{t-\theta(t, \lambda, q)}^t I(\tau, v(\tau), s(\tau)) e^{-\mu(t-\tau)} d\tau,$$

$$N(t, \lambda, q) = 0, \text{ якщо } \lambda < v(t), q < s(t) \quad (1).$$

Обсяг трудових ресурсів, задіяних на даній технологічній множині, визначає інтеграл:

$$R(t, \lambda, q) = \int_{t-\theta(t, \lambda, q)}^t v(\tau) I(\tau, v(\tau), s(\tau)) d\tau,$$

обсяг викидів забруднювальних речовин:

$$Q(t, \lambda, q) = \int_{t-\theta(t, \lambda, q)}^t q(\tau) I(\tau, v(\tau), s(\tau)) d\tau$$

Функцію $\theta(t, \lambda, q)$ визначаємо з умов узгодженості:

$$\int_0^{\lambda} I(\tau, v) e^{-\mu(t-\tau)} dv ds = 0 \quad (2).$$

Продиференціюємо (1)—(2) за часом, λ , та виключимо похідні за λ . Отримуємо при $\lambda = v(t)$ та $q = s(t)$ рівняння динаміки зміни загальної потужності еколого-економічної технології:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\mu N(t, \lambda, q) + I(t) - \mu \lambda \frac{\partial N}{\partial \lambda} - r q \frac{\partial N}{\partial q} \quad (3).$$

Похідна $\frac{\partial^2 N}{\partial \lambda \partial q} = n(t, \lambda, q)$ дорівнює щільності розподілу функції $N(t, \lambda, q)$. Продиференціюємо за λ та q рівняння (3):

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\mu n(t, \lambda, q) + \dots \quad (4).$$

Граничну умову для рівняння (4) визначаємо, диференціюючи (1)—(2) за λ та q :

Початкові умови для диференціального рівняння (4) мають вигляд:

$$n(t_0, \lambda, q) = n_0(\lambda, q) \text{ при } t = t_0, \text{ та } \lambda = \lambda_0, q = q_0$$

Природно вважати, що повне число робочих місць:

а також повна емісія забруднювальних речовин:

$$Q(t, \lambda, q) = \int_0^{\infty} sn(t, \lambda, q) dq,$$

є скінченними величинами. Тоді необхідно, щоб:

$$\lambda n(t, \lambda, q) = \lambda \frac{\partial N(t, \lambda, q)}{\partial \lambda} \rightarrow 0 \text{ при } \lambda \rightarrow \infty$$

та

$$\text{при } q \rightarrow \infty.$$

У такому випадку з рівняння (4) випливає, що сумарна потужність задовольняє класичне рівняння динаміки потужності:

що підтверджує справедливості зроблених вище припущень.

ВИСНОВКИ

Запропонований у статті підхід дослідження технологічних процесів еколого-економічної системи на основі вихідного мікроописання дозволив перейти до побудови динамічної моделі, яка не лише відображає зміну розподілу потужностей за технологіями в умовах обмежених економічних (трудові ресурси) та екологічних (ліміти на викиди забруднюючих речовин) ресурсів, а й дозволяє враховувати технологічні інноваційні процеси. На основі отриманого матеріалу можна вести подальшу мову про конкретну побудову еколого-економічної виробничої функції при виконанні тих чи інших гіпотез. Успішне розв'язання такої задачі дозволило б науково побудувати математичні шляхи модельного переходу від мікро- до макрорівня еколого-економічної системи.

Література:

1. Ляшенко І.М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку. — К.: Вища школа, 1999. — 236 с.
2. Кандаурова Г.А. и др. Прогнозирование и планирование экономики. — Мн.: Современная школа, 2005. — 476 с.
3. Мышкин А.Д. Элементы теории математических моделей. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 192 с.
4. Онищенко А.М. Моделирование эволюции технологической структуры производства еколого-економічної системи // Науковий вісник Київського національного університету технологій та дизайну (Серія: економіка).
5. Корн Г.А., Корн Т.М. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1978. — 277 с.

Стаття надійшла до редакції 29.11.2010 р.