

інновацій (інформація в державних виданнях, виставки, біржі, ярмарки та ін.). Державні органи мають здійснювати моніторинг та прогнозування інноваційних процесів в країні та за кордоном, а також пошук ефективних передових технологій для широкого запровадження. Практично такі заходи також можуть бути реалізованими через створення регіональних центрів інноваційного розвитку, технопарків, бізнес-інкубаторів, територіальних кластерів, інноваційно-технологічних центрів тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Економічне зростання в Україні: регіональний вимір / Л.О. П'яткова. — Черкаси, 2004.
2. Соціально-економічні проблеми розвитку регіонів: методологія і практика / Данилишин Б.М., Чернюк Л.Г., Фащевський М.І. – Черкаси: ЧДТУ, 2006. – 315 с.
3. Стеченко Д.М. Розміщення продуктивних сил і регіоналістика: Навч. посіб. – К.: Вікар, 2001. – 377 с.
4. Трансформація структури господарства України: регіональний аспект. – К.: Міленіум, 2003. – 404 с.

Надійшла 08.11.2010

УДК 338.3

**МОДЕЛЮВАННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ
ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ**

А.М. ОНИЩЕНКО

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

У статті проведено дослідження технологічної структури виробництва еколого-економічної системи. Зокрема, на основі розподілу інвестицій за технологіями побудовано рівняння динаміки розподілу виробничих потужностей за технологіями, що характеризуються витратами економічних ресурсів (витрати праці) та витратами екологічних ресурсів (ліміти на викиди забруднювачів).

В системі прогнозування та планування соціально-економічного розвитку господарюючого суб'єкту важливе місце повинне посідати прогнозування та планування природоохоронної діяльності та раціонального використання природних ресурсів. Одна з суттєвих особливостей розробки плану-прогнозу природокористування полягає в тому, що об'єктом планування є не лише соціально-економічні процеси, а й природні явища. Як відомо, природа є досить інерційною та консервативною системою, зміни в ній відбуваються повільніше ніж в економіці. В зв'язку з цим особливого значення набуває завчасне попередження можливих наслідків антропогенного впливу на довкілля, створення довгострокових планів та прогнозів, в яких визначається екологічна стратегія економічного розвитку. Така програма передбачає передусім визначення основних напрямів та масштабів впливу господарської діяльності на якість навколишнього середовища як важливої умови життя людства та стійкого економічного розвитку [1].

Очевидним на сьогодні є те, що природоохоронна концепція, довгострокові цілі та основні напрямки їх розв'язання повинні обґрунтовуватись з позицій ринкової економіки. Актуальною стає задача розробки та введення в дію нового господарського механізму раціонального природокористування на основі застосування переважно економічних методів управління. Еколого-економічна стратегія стійкого розвитку повинна давати оцінку природних ресурсів, визначати шляхи їх збереження та раціонального використання, містити науково обґрунтовані рекомендації з реалізації механізму переходу до такого розвитку. В цілому еколого-економічне прогнозування та планування повинно розглядатися з врахуванням національної та наднаціональної політики в сфері охорони довкілля. Очевидно, її основним напрямом є економічний механізм забезпечення охорони довкілля, який включає в себе відшкодування природокористування, пільгове кредитування та оподаткування природоохоронної діяльності, стимулювання економії природних ресурсів, енергозбереження, переробки та утилізації викидів виробництва та споживання.

Розв'язання екологічних проблем потребує проведення системних та всесторонніх комплексних наукових досліджень. Пріоритетним напрямом при цьому є обґрунтування наукових та технічних заходів, які б забезпечили підвищення рівня самозабезпечення економічної системи природними ресурсами, впровадження екологобезпечних та ресурсозберігаючих технологій, спрямованих на ефективний захист довкілля та зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище. На сучасному етапі розвитку наукової думки в рамках таких досліджень необхідно використовувати програмно-цільовий підхід в поєднанні з іншими методами, прогнозні розрахунки проводити з застосуванням методів експертних оцінок, математичного моделювання та ін. [2]

Постановка завдання

Дослідження еколого-економічної взаємодії потребує виділення екологічних аспектів окремих галузей економічної системи – енергетики, транспорту, сільського господарства і т.п., а також дослідження їх технологічної структури. Галузево-технологічне прогнозування та планування покликане забезпечити екологічно обґрунтований розвиток та розміщення виробничих ресурсів з врахуванням екологічної ємкості території. Саме галузі належить провідна роль в забезпеченні прогресивних структурних змін в економіці, прискоренні темпів розвитку, підвищенні технічного та екологічного рівня виробництва. Оптимальна технологічна база галузі створює соціально-економічні передумови змістовних перетворень в сфері еколого-економічної взаємодії.

Зв'язки галузевої структури та довкілля є багатоплановими. Так, природне середовище є постачальником основних природних ресурсів, необхідних для функціонування економіки взагалі. В той же час довкілля зазнає значних втрат через надмірну емісію шкідливих речовин внаслідок функціонування промисловості, що негативно впливає на рівень та забезпеченість ресурсної бази самої економічної системи. Паралельно з цим вирішення проблем природного середовища на сьогодні є неможливим без впровадження випуску сучасної продукції, орієнтованої на захист довкілля. Багатосторонність зв'язків, особливості та зміни умов функціонування галузевих комплексів обумовлюють необхідність їх врахування при проведенні екологічної політики та планових розрахунків виробництва промислової продукції. При цьому основними задачами економічної політики в перехідний до коеволюції [3] період є реструктуризація пріоритетних технологічних структур та підвищення екологічної конкурентоспроможності випущеної продукції. Для успішного функціонування

технологічної структури необхідно при її створенні уміло реагувати на ринкові зміни з врахуванням попиту, критеріїв вигідності та екологічних нормативів. Найбільш радикальним способом адаптації існуючої технологічної бази до таких нормативів є їх реорганізація на засадах ринкової економіки – максимальне забезпечення потреб населення при ефективному використанні економічних та екологічних ресурсів.

Закордонний досвід засвідчує, що в країнах з розвинутою ринковою економікою, незважаючи на певний прогрес в питанні адаптації технології екологічним нормам, не існує чітко визначеної оптимальної структури. Вона формується на мікрорівні – з використанням методів оптимізації, на макрорівні – виходячи з пріоритетів економіки, та підтримується шляхом застосування економічних регуляторів.

Таким чином, постає необхідність врахування екологічних обмежень на рівні мікро опису еволюції технологічної структури виробництва. Пов'язано це з тим, що функціонування виробничих одиниць, як правило, розглядається на часових проміжках, значно менших часу існування самої технології. До уваги береться лише процес зношеності виробничої потужності, старіння самої технології при цьому не враховувалося.

Результати та їх обговорення

Розглянемо галузь виробництва, що складається з окремих виробничих одиниць, кожна з яких випускає однорідний продукт, використовуючи єдину технологію. Технологія характеризується нормою витрат живої праці V на одиницю продукції та випуском забруднювачів S на одиницю матеріального виробництва. Відносно витрат живої праці будемо вважати, що розподіл трудових ресурсів відбувається, головним чином виходячи з наявного економічного потенціалу технології. В процесі зміни об'ємів робіт, структури економічної системи відповідно змінюється і попит на трудові ресурси. Щодо емісії забруднюючих речовин, будемо вважати їх однорідною агрегованою масою, специфічною для кожної окремої технології, яка може включати викиди в атмосферу від стаціонарних джерел та всіх видів рухомих транспортних засобів, забруднення водних об'єктів стічними водами, виведення з експлуатації внаслідок непридатності земельних угідь, вирубки лісних масивів та знищення біологічного різномайття.

Виробничу одиницю будемо характеризувати моментом часу створення τ , використаною технологією V , випуском забруднювачів S та початковою потужністю I . Взагалі кажучи, в момент часу τ виникають потужності $I(\tau, V, S)$. Спочатку для простоти будемо покладати функцію $I(\tau, V, S)$ неперервною та диференційованою по V та S . Потужність, норма трудоемності та норма забрудненості виробничої одиниці (τ, V, S) змінюються протягом часу. Позначимо їх відповідно $m(t, \tau)$, $\lambda(t, \tau)$ та $q(t, \tau)$. Внаслідок зношення потужність змінюється згідно закону

$$\frac{\partial m(t, \tau)}{\partial t} = -\mu m(t, \tau), \quad t > \tau, \quad m(\tau, \tau) = I(\tau, V, S), \quad (1)$$

де $\mu \geq 0$ - коефіцієнт зношення потужності.

Розглянемо обсяг робочих місць на виробничій одиниці. При цьому будемо дотримуватися загальної економічної тези, що поряд з прогнозуванням об'ємів задіяних трудових ресурсів важливе

місце посідає розробка планів їх використання. Їх головною задачею є визначення ступеня забезпечення економіки робочою силою, її дефіциту або надлишку. При цьому необхідно враховувати заходи з ефективного використання трудових ресурсів та забезпеченню збалансованості їх потенціальних об'ємів та потреби в них технологічної структури. Реальність функціонування виробничих одиниць свідчить, що кількість робочих місць на виробничій одиниці спочатку рівна $Vl(\tau, \nu, s)$ і не змінюється протягом часу, тому

$$\frac{\partial}{\partial t}(\lambda(t, \tau)m(t, \tau)) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial t}(q(t, \tau)m(t, \tau)) = 0, \quad t > \tau, \quad \lambda(\tau, \tau) = \nu, \quad q(\tau, \tau) = s.$$

Звідси та з (1) знаходимо, що

$$m(t, \tau) = I(\tau, \nu, s)e^{-\mu(t-\tau)}, \quad t > \tau. \quad (2)$$

$$\lambda(t, \tau) = \nu e^{\mu(t-\tau)}, \quad t > \tau. \quad (3)$$

Можна говорити, що виробничі одиниці $m(t, \tau)$ технологічно старіють, зменшуючи свою потужність згідно (2), збільшуючи свою трудоемність згідно (3) та збільшуючи забрудненість згідно експоненціальному закону (гіпотеза про екологічну шкоду зношеного устаткування):

$$q(t, \tau) = se^{r(t-\tau)}, \quad (4)$$

де $r \geq 0$ дисконтна норма забрудненості внаслідок старіння технології.

Для того щоб вивести рівняння для розподілу потужностей за технологіями $n(t, \lambda, q)$, знайдемо спочатку допоміжну величину – сумарну потужність виробничих одиниць, в яких в момент часу t норма витрат живої праці $\lambda(t, \tau) \leq \lambda$ та норма забрудненості $q(t, \tau) \leq q$. Позначимо її $N(t, \lambda, q)$. Маємо

$$N(t, \lambda, q) = \int_{\nu e^{\mu(t-\tau)} \leq \lambda} \int_{se^{r(t-\tau)} \leq q} I(\tau, \nu, s) e^{-\mu(t-\tau)} d\nu ds = \int_{-\infty}^t d\tau \int_0^{\lambda e^{-\mu(t-\tau)}} \int_0^{q e^{-r(t-\tau)}} I(\tau, \nu) e^{-\mu(t-\tau)} d\nu ds.$$

Тобто сумарна потужність є інтегральною величиною від початкової потужності, що змінюється з темпом $\mu \geq 0$ в межах встановлених ресурсних обмежень.

Замінюючи змінні інтегрування $\nu = \xi e^{-\mu(t-\tau)}$ та $s = \eta e^{-r(t-\tau)}$, одержуємо

$$\begin{aligned} N(t, \lambda, q) &= \int_{-\infty}^t d\tau \int_0^{\lambda} d\xi \int_0^q d\eta I(\tau, \xi e^{-\mu(t-\tau)}, \eta e^{-r(t-\tau)}) e^{-(2\mu+r)(t-\tau)} = \\ &= \int_0^{\lambda} d\xi \int_0^q d\eta \int_{-\infty}^t I(\tau, \xi e^{-\mu(t-\tau)}, \eta e^{-r(t-\tau)}) e^{-(2\mu+r)(t-\tau)} d\tau = \int_0^{\lambda} d\xi \int_0^q d\eta n(t, \xi, \eta). \end{aligned}$$

Отже, за своїм визначенням ми отримали шукану величину для розподілу потужностей за технологіями:

$$n(t, \lambda, q) = \int_{-\infty}^t I(\tau, \lambda e^{-\mu(t-\tau)}, q e^{-r(t-\tau)}) e^{-(2\mu+r)(t-\tau)} d\tau, \quad (5)$$

яка є диференційованою по t , λ та q . При цьому перехід до функції розподілу потужностей за технологіями в порівнянні з раніше знайденою функцією сумарної потужності виробничих одиниць дозволяє врахувати окрім економічного, також темп використання екологічного ресурсу.

Диференціюючи вираз (5) по t , одержуємо рівняння:

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \mu\lambda \frac{\partial n}{\partial \lambda} + rq \frac{\partial n}{\partial q} + (2\mu + r)n = I(t, \lambda, q), \quad (6)$$

яке описує еволюцію розподілу потужностей за технологіями. Початкові умови для цього рівняння

$$n(t_0, \lambda, q) = m_0(\lambda, q), \quad v \leq \lambda, \quad s \leq q. \quad (7)$$

Отримана динамічна модель (6) – (7) відображає основні фактори впливу на розвиток технологічної структури виробництва: швидкість зміни визначається початковою потужністю за вирахуванням витрат на забезпечення технологічного процесу економічним та екологічним ресурсом, а також початково необхідними витратами на створення потужності. Одержане рівняння еволюції (6) при відсутності динаміки забруднення $r = 0$ збігається з рівнянням, приведеним в [4].

Висновки

Запропонований в статті підхід дослідження технологічних процесів еколого-економічної системи на основі вихідного мікроопису дозволив перейти до побудови динамічної моделі, яка відображає зміну розподілу потужностей за технологіями в умовах обмежених економічних (трудові витрати) та екологічних (ліміти на викиди забруднюючих речовин) ресурсів. На основі отриманого рівняння можна вести подальшу мову щодо включення в її дослідження питання інноваційної політики, що відображається в зміні початково прийнятих гіпотез відносно властивостей функції потужності. Останнє повинно доповнити та розширити запропоновану модель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобылев С. Н., Гирусов Э. В., Перелет Р. А. Экономика устойчивого развития: Учебное пособие. М.: Ступени, 2004. – 303 с.
2. Гринин А.С., Орехов Н.А., Новиков В.Н. Математическое моделирование в экологии: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 269 с.
3. Н.Н. Моисеев. Коэволюция природы и общества. Пути ноосферогенеза // Научный журнал Экология и жизнь. – 1997, № 2–3.
4. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544 с.

Надійшла 08.11.2010