

*В. О. Біленко,
к. е. н., старший викладач кафедри економічної кібернетики,
Запорізький національний університет*

ОСОБЛИВОСТІ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

*V. Bilenko,
PhD in Economics, Zaporizhzhya National University*

FEATURES OF ECONOMICS AND MATHEMATICAL MODELING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

У статті проведено стислий історичний аналіз економічної сталості. Наведено причини виникнення та розвитку цілей розвитку тисячоліття та цілей сталого розвитку. Було зазначено специфіку моделювання сталого розвитку на регіональному рівні. Основні напрями впровадження сталого розвитку на регіональному рівні були наведені на прикладі моделі контролю динаміки екологічної системи, моделі сталого міста, села. Крім того, було зацентровано увагу на вирішенні проблеми метрики для впровадження сталого розвитку. Авторами визначено основну низку проблем, пов'язаних із моделюванням сталого розвитку в регіонах та окреслено перспективи подальших наукових досліджень у цьому напрямі.

In the article a brief historical analysis of economic sustainability is conducted. The reasons for the emergence and development of the Millennium Development Goals and the goals of sustainable development are presented. Specifics of sustainable development modeling at the regional level were noted. The main directions of implementation of sustainable development at the regional level, on the example of the model of controlling the dynamics of the ecological system, the model of sustainable city, the village were given. In addition, attention was focused on solving the metric problem for the implementation of sustainable development. The authors identify a number of problems related to the simulation of sustainable development in the regions and outlines the prospects for further research in this direction.

Ключові слова: сталий розвиток, сталість, економіко-математичне моделювання, сталий розвиток регіону.

Key words: sustainable development, sustainability, economic and mathematical modeling, sustainable development of the region.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Постіндустріальне суспільство наразі "працює на межі" своїх біологічних можливостей щодо забезпечення умов комфортної життєдіяльності людини. Причиною цього є обмеженість природних ресурсів, що є в наявності людства, а також їх не відтворюваність (або повільна відтворюваність). Одночасно з цим техногенний тиск на природу щорічно зростає в геометричній прогресії. Вплив людини на природу став особливо значним, фактично неконтрольованим та й у багатьох випадках непрогнозованим. Стає зрозуміло, що розв'язати екологічні проблеми тільки шляхом розробки нових та впровадження вже існуючих екологічно чистих та ресурсозберігаючих технологій вже неможливо. Водночас розпочатий процес втручання в природне середовище обернувся негативними наслідками: неухильно погіршується стан довкілля, виснажуються сировинні і енергетичні ресурси, безперервно зменшуються площі орних земель, лісів, об'єми прісної води на одну людину, з'являються нові масштабні проблеми — глобальна зміна клімату, озонові вікна, радіоактивні відходи, нові захворювання тощо. Відповіддю на екологічні виклики може стати концепція сталого розвитку.

В економічній літературі України термін "сталість" у більшості випадків асоціюється з екологічною концепцією сталого розвитку, оскільки це поняття завжди використовується для опису теорії збалансованого соціально-економічного розвитку в рівновазі з навколишнім середовищем. У зв'язку з некоректним перекладом закріпилася асоціація, що словосполучення "сталый розвиток" безпосередньо пов'язано тільки з досягненням екологічної рівноваги і дотриманням екологі-

чних принципів розвитку суспільства, націлених на збереження навколишнього середовища у тривалій перспективі. Водночас найважливішими задачами управління підприємствами є цілеспрямований контроль за змінами, що відбуваються у соціально-економічному середовищі, прогнозування і компенсація найбільш небезпечних диспропорцій розвитку, формування здатності функціонувати та вдосконалюватися в умовах негативних зовнішніх і внутрішніх впливів, зберігаючи при цьому рівновагу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Останнім часом багато вчених займається дослідженням різних аспектів теоретико-методологічної концепції сталого розвитку. Так, теоретичним засадам сталого розвитку, розкриттю його змісту й визначенню шляхів досягнення в умовах перехідної економіки присвячені праці І. Александрова, В. Гейця, А. Дейнеко, О. Осауленка, Л. Мельника, Е. Хлобистова. Забезпеченню макроекономічної рівноваги, стійкого економічного зростання, державного регулювання цих процесів приділено значну увагу в працях М. Білопольського, Б. Буркинського, О. Веклич, Б. Данилишина, М. Долішнього, С. Дорогунцова, В. Степанова, С. Харічкова та інших. Серед зарубіжних дослідників цих питань істотна роль відводиться працям А. Алабугіна, І. Ансофа, Т. Діліка, Г. Далі, В. Данилова-Данільяна, Д. Кобба, К. Лосева, І. Рейфа, А. Урсула та інших. Вченими було обґрунтовано категоріальний апарат сталого розвитку регіонів та країни, а також підприємства та окремих галузей, вивчено вітчизняну та зарубіжну практику втілення засад сталого розвитку. Проте, аналіз еконо-

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сталий розвиток — це процес розбудови держави на основі узгодження і гармонізації соціальної, економічної та екологічної складових з метою задоволення потреб сучасних і майбутніх поколінь. Основою сталого розвитку є паритетність відносин у тріаді людина — господарство — природа. Сталий розвиток узагальнює в собі процес виживання і відтворення генофонду нації, активізацію ролі кожної окремої людини в суспільстві, забезпечення її прав і свобод, збереження навколишнього природного середовища, формування умов для відновлення біосфери та її локальних екосистем, орієнтацію на зниження рівня антропогенного впливу на природне середовище й гармонізацію розвитку людини в природі.

Концепція "сталого розвитку" є розвитком вчення В. Вернадського про ноосферу. Теорія і практика розвитку країн у ХХ ст. засвідчили, що вчення про ноосферу є необхідною платформою для напрацювання триєдиної концепції сталого еколого-соціально-економічного розвитку. Узагальнення цієї концепції були зроблені на всесвітніх самітах ООН, за участі понад 180 країн світу, багатьох міжнародних організацій та провідних учених. У 1980-х роках у межах діяльності комісії ООН під керівництвом прем'єр-міністра Норвегії Г.Х. Брунтланд в Інституті всесвітніх спостережень (Вашингтон, США), було використано поняття "стійкого" ("сталого") економічного розвитку". У заключному документі комісії під назвою "Наше спільне майбутнє" стійкий розвиток було визначено, як "тривалий безперервний розвиток, що забезпечує потреби людей, які проживають нині, без шкоди забезпеченню потреб майбутніх поколінь". Ця концепція розвивалася й надалі у 1992 р. у Ріо-де-Жанейро та у 2002 році в Йоханесбурзі.

Під час розробки моделей сталого розвитку виникають такі ж проблеми, як і впродовж моделювання більшості соціально-економічних систем, а саме:

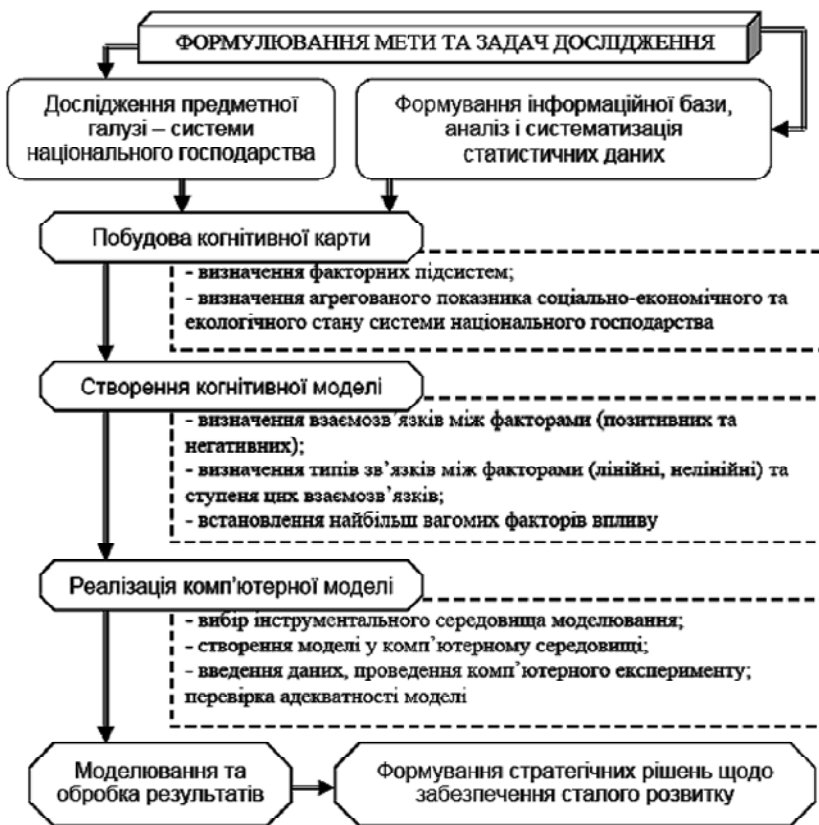


Рис. 1. Методика досліджень сталого розвитку національного господарства

мічної літератури з проблем сталого розвитку свідчить про недостатнє дослідження економіко-математичних моделей сталого розвитку. Крім того, недостатньо уваги приділено методичному забезпеченню оцінки сталого розвитку окремих галузей.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є дослідження економіко-математичних моделей, які використовуються для моделювання сталого розвитку.

Таблиця 1. Формування факторних підсистем

№	Факторні підсистеми	Сукупність показників для кількісної оцінки та визначень взаємозв'язків
1	Зайнятість населення	кількість зайнятого населення; безробіття; звільнення працівників; попит на робочу силу; кількість не зайнятих трудовою діяльністю громадян тощо
2	Рівень життя населення	доходи і витрати населення; витрати і ресурси домогосподарств; споживання продуктів харчування та житлові умови населення
3	Природно-ресурсний потенціал	земля; водні ресурси; корисні копалини тощо
4	Населення	чисельність наявного населення та динаміка його змін
5	Правопорушення	кількість зареєстрованих злочинів та інших правопорушень
6	Освіта	кількість учнів загальноосвітніх навчальних закладів; слухачів професійно-технічних навчальних закладів; кількість студентів вищих навчальних закладів тощо
7	Розвиток підприємництва та бізнесу	основні структурні показники діяльності суб'єктів господарювання; основні структурні показники діяльності підприємств за їх розмірами
8	Інвестиції	інвестиції в основний капітал на одну особу; інвестиції в основний капітал у житлове будівництво
9	Ціни і тарифи	індекси споживчих цін; індекси споживчих цін на товари та послуги
10	Охорона навколишнього середовища	земля; водні ресурси використаної води; повітряний басейн; відходи
11	Охорона здоров'я та санаторно-курортного лікування	забезпеченість населення лікарями та медичним персоналом; чисельність лікарів усіх спеціальностей; кількість лікарських лікарняних ліжок тощо
12	Наука та інновації	кількість організацій, які виконують наукові та науково-технічні роботи; обсяг інноваційної продукції тощо
13	Надання послуг	діяльність підприємств сфери послуг; діяльність підприємств сфери послуг на одну особу
14	Зовнішньоекономічна діяльність	загальні обсяги експорту товарів; загальні обсяги імпорту товарів; загальні обсяги експорту послуг; загальні обсяги імпорту послуг; коефіцієнт покриття експортом імпорту; прямі іноземні інвестиції (акціонерний капітал) на одну особу населення

Таблиця 2. Індикатори сталого розвитку

Розділ	Підрозділ	Ключовий індикатор	Уточнюючі показники
Бідність	Бідність по доходах	Частка населення, що мешкає за національною межею бідності	Частка населення, що мешкає менш ніж на 1 дол. США в день
	Нерівність по доходах	Відношення доходів 10% найбагатших та найбідніших	
	Санітарія	Частка населення, що користується покращеними санітарними умовами	
	Питна вода	Частка населення, забезпечена якісною питною водою	
	Забезпеченість енергією	Частка домогосподарств без джерел енергії	Частка домогосподарств, які користуються твердим паливом для приготування їжі
	Умови проживання	Частка міського населення, що мешкає у трущобах	
Управління	Корупція	Частка населення, яка дає хабарі	
	Злочинність	Кількість навмисних вбивств на 100.000 населення	
Здоров'я	Смертність	Дитяча смертність до 5 р.	
		Очікувана тривалість життя при народженні	Очікувана тривалість здорового життя
	Охорона здоров'я	Частка населення, яка має доступ до первинної медичної допомоги	
		Рівень імунізації проти дитячих інфекційних хвороб	
	Харчування	Харчування дітей	
Рівень захворюваності та ризику	Зараженість найбільш опарними хворобами (СНІД, туберкульоз, малярія)	Тютюнопаління	
Освіта	Рівень освіти	Частка осіб, які закінчили школу	Неперервне навчання
		Частка осіб, які навчаються	
		Частка дорослих з освітою	
Грамотність	Грамотність дорослих		
Демографія	Населення	Темп зростання населення	Рівень народжуваності
		Рівень залежності	
	Туризм		Відношення кількості місцевого населення до кількості туристів у тур. регіонах
Природні катаклізми	Підверженість природним лихам	Частка населення, яка мешкає в регіонах із загрозою лиха	
	Готовність подолання наслідків лих		Людські та економічні втрати внаслідок лих
Атмосфера	Зміна клімату	Викиди діоксиду вуглецю	Викиди парникових газів
	Зменшення озонного шару	Споживання речовин, що руйнують озонний шар	
	Якість повітря	Концентрація шкідливих речовин у повітрі міст	
Земля	Використання землі		Зміна цільового призначення землі
			Деградація ґрунту
	Пустині		Площі опустелювання
	Сільське господарство	Частка с/г землі	Ефективність використання міндобрив
			Використання с/г пестицидів
Ліси	Частка землі під лісами	Частка заражених дерев	
		Частка земель сталого лісоводства	
Морські водні ресурси	Узбережжя	Частка населення, що мешкає у прибережній зоні	Якість води для купання
	Рибальство	Частка риби в межах безпечних біологічних лімітів	
	Екологія моря	Частка акваторії під захистом	
Свіжа вода	Кількість води	Частка використовуваних водних ресурсів	
		Інтенсивність використання води за видами економічної діяльності	
	Якість води	Присутність фекалій у чистій воді	Обробка сточних вод
Біорізноманіття	Екосистеми	Частка територій під захистом	
	Види	Види під загрозою	
Економічний розвиток	Макроекономіка	ВВП на душу населення	Збереження
		Частка інвестицій у ВВП	Чисті збереження як відсоток ВНД
			Рівень інфляції
	Сталість державних фінансів	Відношення боргу до ВНД	
		Зайнятість	Рівень безробіття
		Продуктивність праці та вартість одиниці праці	
		Частка жінок серед зайнятих не у сільському господарстві	
	Інформаційно-комунікаційні технології	Інтернет-користувачі на 100 населення	Лінії стаціонарного зв'язку на 100 населення
Кількість мобільного зв'язку на 100 населення			
Дослідження та розробки		Валові витрати на НДДКР у ВВП	
Туризм	Частка доходів від туризму у ВВП		
Глобальне економічне співробітництво	Торгівля	Дефіциту поточного рахунку до ВВП	Частка імпорту з країн, що розвиваються
			Середній рівень тарифу до експорту з країн, що розвиваються
	Зовнішнє фінансування	Офіційна допомога розвитку як частка ВНД	Частка іноземних та закордонних прямих інвестицій у ВВП
			Частка іноземних приватних переказів в ВНД
Моделі споживання та виробництва	Споживання матеріальних ресурсів	Матеріальна витратність економіки	Внутрішнє споживання матеріалів
	Використання енергії	Споживання енергії	Частка альтернативних джерел енергії
		Енергоінтенсивність за галузями	
	Поводження з відходами	Шкідливі відходи	
		Утилізація відходів	Утилізація радіоактивних відходів
Транспорт	Розподіл за видами транспорту		

— обмеження кількості існуючих моделей, які може бути використано для моделювання;

— порівняно висока вартість збору та аналізу даних. Лише деякі зі згаданих вище моделей мають змогу контролювати процес розвитку в реальному часі.

Перші моделі, які мали б стосунок до моделювання сталого розвитку, розробила група вчених у Массачусетському технологічному інституті під керівництвом Денніса і Донелли Медоуз у 1972 році. Їх дослідження були опубліковані в книзі "The Limits to Growth" на замовлення Римського клубу [1]. У тому дослідженні було застосоване комп'ютерне моделювання процесу розвитку цивілізації за допомогою моделі World3, розробленої з використанням методології системної динаміки Джея Форестера. Описуючи бажаний стан глобальної рівноваги, автори шукали вихідні дані моделі, яка являє собою світову систему, є сталою без раптового і неконтрольованого колапсу і здатна задовольнити основні матеріальні вимоги всіх людей.

Моделювання сталого розвитку також здійснюється на основі когнітивних карт — методу, що підходить для аналізу слабо структурованих систем. Методика подібного дослідження представлена на рисунку 1 [2].

Когнітивна карта дозволяє визначити, які фактори мають бути врахованими при дослідженні розвитку системи національного господарства за результатами досліджень взаємозв'язків між факторами та урахування взаємної дії цих факторів. Взагалі факторні підсистеми мають бути наділені ваговою складовою, яку слід встановити у вигляді вагових коефіцієнтів за результатами експертного оцінювання. Було виділено 14 факторних підсистем, які охоплюють 80 різних чинників. Факторні підсистеми мають наступний зміст та компоновку (табл. 1).

Структуризація інформації дозволила виокремити соціальні, економічні та екологічні аспекти сталого розвитку. За результатами структуризації інформації запропоновано агрегований показник оцінки соціально-економічного та екологічного стану системи національного господарства з урахуванням інтегрального коефіцієнта СЕЕР — соціально-економічного та екологічного розвитку. Визначення цього показника протягом окремого періоду часу дозволить дослідити процес розвитку національного господарства з урахуванням соціальних, економічних та екологічних аспектів.

Грунтуючись сценарним підходом, розроблено блок когнітивного моделювання стану національного господарства за комплексом показників, що дозволяє виконувати аналіз впливу окремих факторних підсистем на ефективність функціонування системи та забезпечення умов сталого розвитку національного господарства. В якості цілей було обрано підвищення валового внутрішнього продукту, покращення екологічного стану та підвищення рівня життя населення тощо.

Для досягнення цілей пропонується прийняти наступні важелі: доходи населення, інвестиційний клімат, витрати виробництва, розвиток інфраструктури, збирання податків, податкові пільги, викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище тощо. В результаті моделювання маємо можливість визначити потенційну та реальну можливість досягнення поставлених цілей за допомогою обраних важелів [2].

Моделювання сталого розвитку може бути здійснено на основі системи показників. Сукупність притаманних сталому розвитку індикаторів визначає кількісно-якісні параметри та формує науково-теоретичні передумови для розвитку гармонійного економічного національного і світового господарства. За визначенням ООН ключові індикатори можна згрупувати у 14 розділів (табл. 2). Захоплюючись кількісними та якісними показниками, слід зважати на необхідність врахування, насамперед, сутнісних показників сталого розвитку. Знання як новий ресурс, що є похідним від людини — головної продуктивної сили суспільства — лише запроваджується у виробництво, трансформуючи при цьому усталені інститути, форми та механізми підприємницької діяльності.

Якщо капіталізм був ерою масового виробництва з тенденцією до укрупнення, то синергія поєднання людини та знання може проявлятися у будь-який, навіть не очікуваний спосіб. Знання як фактор виробництва та ключова продуктивна сила нової економіки, що формується, нині перебуває в стані дослідження.

Сталий розвиток можна розглядати також у розрізі окремих галузей та підприємств. Для цього треба використати показники відповідності галузі цілям сталого розвитку. До показників відповідності сільського господарства України Концепції сталого розвитку відносять три групи показників, а саме:

1) показники характеристики екологічного стану: вміст гумусу в ґрунтах; внесення органічних та мінеральних добрив; стан еродованості орних земель; характеристику сільськогосподарських угідь за ознаками, що впливають на родючість ґрунтів; відповідність ґрунтів гігієнічним нормативам (санітарно-хімічні та мікробіологічні показники); розораність території та сільськогосподарських угідь; лісистість; врожайність.

2) показники економічного стану: індекси продукції сільського господарства; продукція сільського господарства у порівнянних цінах; продукція сільського господарства на 100 гектарів сільськогосподарських угідь; продукція сільського господарства на душу населення; урожайність сільськогосподарських культур; рівень рентабельності виробництва, індекси продуктивності праці, основні фонди, енергетичні потужності в сільськогосподарських підприємствах;

3) показники соціального блоку: народжуваність населення; коефіцієнт народжуваності; природний приріст населення; коефіцієнт природного приросту населення; очікувана тривалість життя при народженні; смертність населення; коефіцієнт смертності; споживання продуктів харчування; забезпеченість населення товарами тривалого користування; забезпеченість населення приватними легковими автомобілями; телефонізація квартир; житловий фонд; кількість бібліотек, кіноустановок і закладів культури клубного типу [3].

Таким чином, було виявлено, що світовий досвід моделювання сталого розвитку регіонів полягає у використанні методології системної динаміки Форестера, коефіцієнтів, показників та метрик, різних модифікацій моделі Леонтьєва, когнітивного підходу.

Література:

1. Meadows, D. H.; Meadows, D. L.; Randers, J.; Behrens III, W. W. (1972), "The Limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind", Universe Books, ISBN 0-87663-165-0, p. 158.

2. Паршин Ю.І. Когнітивне моделювання сталого розвитку національного господарства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3728>

3. Тихонов А.Г. Наукові засади сталого розвитку землекористування: принципи, індикація, показники / Тихонов А.Г., Гребенюк Н.В., Тихоненко О.В., Феденко В.П. // Землевпорядкування. — 2002. — № 2. — С. 13—21.

References:

1. Meadows, D. H. Meadows, D. L. Randers, J. and Behrens III, W. W. (1972), The Limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind, Universe Books, NY, USA.

2. Parshin, Y. I. (2015), "Cognitive modeling of national economy stability development", *Efektivna ekonomika*, vol.1, available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3728> (Accessed 20 March 2018).

3. Tykhonov, A.H. Hrebeniuk, N.V. Tykhonenko, O.V. and Fedenko, V.P. (2002), "Scientific principles of sustainable development of land use: principles, indications, indicators", *Zemlevporiadkuvannia*, vol. 2, pp. 13—21.

Стаття надійшла до редакції 21.03.2018 р.