

6. Diblnc J., Khusainov D., Lukbsov B., Rщїиkov B. M. Control of oscillating systems with a single delay. *Advances in Difference Equations*, Volume 2010 (2010), Article ID 108218, 15 pages, doi: 10.1155/2010/108218.

7. Экономическая динамика : учеб. пособие / Ю. Г. Лысенко, В. Л. Петренко, В. Н. Тимохин, А. В. Филиппов. – Донецк : Изд-во ДонГУ, 2000. – 176 с.

8. Сергеева Л. Н. Нелинейные модели сложных экономических систем : дис. на соискание уч. степени д-ра экон. наук : 08.03.02 / Л. Н. Сергеева. – Запорожье, 2003. – 400 л. : рис. – Библиогр.: л. 361–380.

9. Піддубна О. О. Моделювання динаміки виробничого потенціалу підприємства [Текст] : дис. ... канд.

екон. наук : 08.00.11 / Піддубна Ольга Олександрівна ; Дніпропетр. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. – Запоріжжя, 2011. – 172, [13] арк. : рис., табл..

10. Мышкис А. Д. Линейные дифференциальные уравнения с запаздывающим аргументом. – Москва: Наука, 1972. – 352 с.

11. Норкин С. Б. Дифференциальные уравнения второго порядка с запаздывающим аргументом. Некоторые вопросы теории колебаний систем с запаздыванием. – Москва: Наука, 1965. – 356 с..

12. Вольтерра В. Теория функционалов, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. – Москва: Наука, 1982. – 304 с.

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

DYNAMICAL MODEL OF LOCAL COMMUNITIES SUSTAINABLE DEVELOPMENT

У статті розглянуто задачу моделювання складових сталого розвитку територіальної громади. Територіальна громада розглядається як складна слабоструктурована динамічна саморегулююча система. Для аналізу та дослідження системи запропоновано використовувати методи економічної динаміки. Математичну модель територіальної громади побудовано, як систему диференціальних рівнянь. Запропоновано задачу управління сталим розвитком територіальної громади представити, як задачу мінімізації часу перехідного режиму.

Ключові слова: соціально-еколого-економічна система, динамічна модель, сталий розвиток, оптимізація, оптимальне управління.

В статье рассмотрена задача моделирования составляющих устойчивого развития территориальной общины. Территориальная община рассматривается как сложная слабоструктурированная динамическая саморегулирующаяся система. Для анализа и исследования системы предложено использовать методы экономической динамики.

Математическую модель территориальной общины построено как систему дифференциальных уравнений. Предложено задачу управления устойчивым развитием территориальной общины представить как задачу минимизации времени переходного режима.

Ключевые слова: социально-эколого-экономическая система, динамическая модель, устойчивое развитие, оптимизация, оптимальное управление.

In the article the problem of modeling the components of sustainable development of local communities was considered. Territorial community was considered as a complex dynamic semi-structured self-regulating system. To analyze and study the system was proposed to use methods of economic dynamics. Mathematical model of territorial community was built as a system of differential equations. A problem of local communities sustainable development was proposed to be present as a problem of transitional regime time minimizing.

Key words: social-ecological-economic system, dynamic model, sustainable development, optimization, optimal control.

УДК 330.46:519.86

Піддубна О.О.

к.е.н., доцент, перший проректор
Комунальний вищий навчальний заклад
«Інститут підприємництва «Стратегія»
Дніпропетровської обласної ради»

Постановка проблеми. Питання сталого розвитку є одним з ключових напрямів у державному управлінні як на національному, так і на регіональному рівні. Особливої актуальності це питання набуває в умовах децентралізації влади, коли частина повноважень та бюджетів передано органам місцевого самоврядування. Для того, щоб реалізувати такі повноваження найбільш успішно, необхідні економічно обґрунтовані заходи, впровадження яких надасть можливість оптимально використовувати ресурси територіальних громад.

Ефективним теоретичним інструментарієм побудови механізмів та систем управління економічним розвитком територіальної громади є

розробка комплексу моделей сталого розвитку для визначення оптимальних значень параметрів управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Моделюванню сталого розвитку та удосконаленню механізмів управління соціально-еколого-економічними системами присвячені роботи таких вчених, як: О. Амоши, В. Василенко, В. Вітлінського, В. Гейця, О. Гранберга, Т. Клебанової, В. Максимова, С. К. Рамазанов, та ін. Науковцями і практиками побудовані різні економіко-математичні моделі, на основі яких можливо розробляти сценарії сталого регіонального розвитку та надавати обґрунтовані пропозиції щодо управління терито-

ріальною громадою. Проте, кожна територіальна громада має свою специфіку, тобто є унікальною. Тому застосування навіть вже розробленого комплексу економіко-математичних моделей потребує додаткових досліджень і аналізу для їх адаптації.

Формулювання цілей статті. Метою статті є дослідження передумов побудови математичної моделі територіальної громади або соціально-еколого-економічної системи, як моделі економічної динаміки для отримання якісних висновків щодо сталого розвитку територіальної громади.

Виклад основного матеріалу. Сталий розвиток (англ. sustainable development) – загальна концепція, яка передбачає необхідність встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства й захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їхню потребу в безпечному і здоровому довкіллі [1, с. 126]. Саме це й зумовлює актуальність основних положень концепції сталого розвитку.

У програмі дій «Порядок денний на XXI століття», яка була ухвалена конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро у 1992 році, було зазначено, що одним із основних завдань і передумов сталого розвитку є формування належних умов для забезпечення сталого використання природно-ресурсного потенціалу в інтересах сучасного і майбутніх поколінь [2]. Воно передбачає проведення таких заходів:

- скорочення до оптимальних обсягів виробництва і споживання природних ресурсів (насамперед – металів, енергоносіїв, лісу, прісної води, використання земель в обробітку тощо);
- оптимізація співвідношення між виробництвом засобів виробництва і предметів споживання, що має, поряд з екологічним, також і важливе соціально-економічне значення;
- формування ефективної інвестиційної політики, спрямованої на розробку, освоєння і використання природо- і ресурсозберігаючих, маловідходних та безвідходних технологій, виробництво екологічно безпечних видів продукції.

Досягнення оптимального варіанта розвитку декларують ряд країн, у кожній країні свій шлях розвитку. В одних цей шлях «тільки починається, у інших вже розпочався, треті вже стали на шлях сталого економічного розвитку (США, Японія, країни Європейського Союзу)» [3].

На початковому етапі у стійкому (сталому) розвитку домінувала екологічна складова. На сьогоднішній день стійкий розвиток означає, поряд з екологічними, широке коло економічних і соціальних питань [4, с. 179].

Таким чином, концепція сталого розвитку з'явилася в результаті об'єднання трьох основних точок зору: економічної, соціальної та екологічної.

Ключовими напрямками сталого розвитку регіонів згідно з Національною Парадигмою сталого розвитку України [5, с. 62] визначено: забезпе-

чення єдиної цілісної моделі соціального, економічного та екологічного розвитку регіону; зростання добробуту населення регіону; забезпечення динамічного соціально-економічного зростання; збереження навколишнього середовища та раціональне використання й відтворення природно-сировинного потенціалу; задоволення потреб населення регіону на основі розбудови високоефективної економіки та системи управління господарським комплексом; стимулювання структурних перетворень економіки регіону.

Отже, сталий розвиток територіальної громади також характеризується сукупністю економічних, соціальних та екологічних показників. Розвиток територіальної громади можна вважати сталим, якщо значення всіх показників є достатньо наближеними до відповідних обґрунтованих нормативних значень. Якщо значення окремих показників або навіть всіх не дають підстав зробити висновок про сталий розвиток територіальної громади в цілому, потрібна програма сталого розвитку.

Очевидним є той факт, що всі ресурси – природні, людські, фінансові тощо – є обмеженими. Тому програма управління сталим розвитком територіальної громади повинна це враховувати і бути оптимальною з точки зору деякого критерію її ефективності. Таким критерієм може бути, наприклад, мінімізація фінансових витрат на заходи програми сталого розвитку або мінімізація часу, який потрібен для забезпечення сталого розвитку територіальної громади.

Розглянемо завдання розробки програми управління сталим розвитком територіальної громади, як задачу оптимального управління. Для цього територіальну громаду або регіон будемо розглядати, як складну слабоструктуровану динамічну саморегулюючу систему. Таким системам притаманна наявність значного числа складних взаємопов'язаних причинно-наслідкових зв'язків між соціальною, екологічною та економічною складовими.

Динамічною системою називають об'єкт або процес, для якого однозначно визначене поняття стану, як сукупності деяких величин у цей момент часу й заданий закон, що описує зміну стану в часі [6]. Цей закон дає змогу за початковим станом спрогнозувати майбутній стан динамічної системи, його називають законом еволюції. Динамічні системи – це економічні, механічні, фізичні, хімічні й біологічні об'єкти, обчислювальні процеси та процеси перетворення інформації.

Для завдання закону еволюції такої системи будемо використовувати моделі економічної динаміки.

Моделлю економічної динаміки називають описативну динамічну детерміновану економіко-математичну модель економічного процесу в термінах апарату диференціальних і різнице-

вих рівнянь, яку використовують для дослідження детермінованої поведінки економічних систем у часі під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів з метою аналізу рівноваги й управління стійкістю [7]. Не викликає сумніву, що кожна територіальна громада – це складна динамічна система, отже, для дослідження і аналізу її сталого розвитку можливе використання моделі економічної динаміки.

Теорія економічної динаміки була започаткована Дж. Кейнсом і вивчає механізми і способи досягнення рівноваги, забезпечення стійкого розвитку економічної макросистеми [8].

Цикл суспільного виробництва, який розглядає економічна динаміка, включає джерела поповнення виробничих ресурсів і зворотних зв'язків, що характеризують вплив кінцевої продукції цього циклу виробництва на наступний хід відтворення. Ці зв'язки мають не виробничо-технологічний, а соціальний характер. А це, у свою чергу, породжує цілий ряд проблем, що не виникають при статичному аналізі [9]:

- відтворення населення й природного середовища;
- розподіл виробленої кінцевої продукції на поточні потреби й майбутній розвиток;
- визначення режимів відтворення виробничих ресурсів;
- взаємозв'язок та узгодження циклів відтворення населення, трудових ресурсів, виробничих фондів, суспільного продукту, споживчих благ тощо.

При вирішенні цих проблем необхідно враховувати часовий фактор, причому відображати не тільки залежність змінних від часу, а і їхній взаємозв'язок у часі.

Концепція моделювання складних систем обґрунтовує необхідність при моделюванні спиратися на загальні підходи теорії систем і системного аналізу [10]. Автор зазначає, що більшість економічних систем є такими, що самоорганізуються, тобто складними. Основною відмінністю таких систем є наявність у системі активних елементів. Для моделювання добре організованих систем застосовуються традиційні методи аналітичного моделювання. При моделюванні погано організованих систем найбільш поширеними є статистичні методи, методи теорії випадкових процесів. Моделювання систем, що самоорганізуються, вимагає нових методів і моделей, які враховують основні риси таких систем.

Загальна теорія еволюції складних нелінійних систем, до яких належить територіальна громада як складна динамічна система, дає загальні уявлення про можливий характер руху таких систем.

Економічні, соціальні, екологічні процеси завжди відбуваються в часі, тобто завжди є динамічними, унаслідок чого відповідні математичні моделі є динамічними. Одним з традиційних під-

ходів до прогнозування розвитку таких процесів є вивчення зсуву точки рівноваги динамічної системи, викликаного зміною тих, або інших параметрів моделі.

Для оцінювання сталого розвитку територіальної громади, використовують або систему показників, або інтегральні показники економічної, соціальної та екологічної складових. Отже, динаміку показників сталого розвитку територіальної громади можна подати у вигляді часових рядів складових.

Побудуємо математичну модель територіальної громади або соціально-еколого-економічної системи, як модель економічної динаміки.

Для побудови такої математичної моделі будемо вважати, що стан досліджуваної системи в кожний момент часу t характеризується трьома групами показників економічної, соціальної та екологічної складових:

$$\begin{aligned} Ec &= Ec(t) \text{ – економічні показники,} \\ Ek &= Ek(t) \text{ – екологічні показники,} \\ C &= C(t) \text{ – соціальні показники.} \end{aligned}$$

Отже, стан досліджуваної системи в кожний момент часу характеризується вектором фазових координат:

$$s(t) = (Ec(t), Ek(t), C(t)).$$

Наступним етапом побудови математичної моделі є рівняння руху, а саме диференціальні рівняння, у яких швидкість зміни кожної фазової координати подана у вигляді функції фазових координат і часу. Таким чином, фазова траєкторія $s(t)$ визначається із системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dEc}{dt} = \dot{Ec}(t) = f_{Ec}(Ec(t), Ek(t), C(t), t), \\ \frac{dEk}{dt} = \dot{Ek}(t) = f_{Ek}(Ec(t), Ek(t), C(t), t), \\ \frac{dC}{dt} = \dot{C}(t) = f_C(Ec(t), Ek(t), C(t), t). \end{cases} \quad (1)$$

Початковий стан досліджуваної системи s_0 визначається значеннями фазових координат – складових сталого розвитку – в деякий фіксований момент часу t_0 :

$$s_0 = s(t_0) = (Ec(t_0), Ek(t_0), C(t_0)) = (Ec_0, Ek_0, C_0). \quad (2)$$

Кінцевий стан s_N визначається нормативними значеннями складових сталого розвитку:

$$s_N = (Ec_N, Ek_N, C_N). \quad (3)$$

Таким чином, динамічну модель соціально-еколого-економічної системи можна інтерпретувати, як систему звичайних диференціальних рівнянь відносно невідомих $Ec(t)$, $Ek(t)$ та $C(t)$. Якщо за будь-яких початкових умов (2) соціально-еколого-економічної система з часом вийде на режим, що описується граничним циклом, тобто, якщо при $t \rightarrow \infty$, і будь-яких Ec_0 , Ek_0 та C_0 :

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Ec(t, Ec_0) = Ec^*(t), \lim_{t \rightarrow \infty} Ek(t, Ek_0) = Ek^*(t), \lim_{t \rightarrow \infty} C(t, C_0) = C^*(t). \quad (4)$$

де $Ec^*(t)$, $Ek^*(t)$ і $C^*(t)$ – функції, що описують граничний цикл, то це означає, що така система має

атрактор у вигляді граничного циклу, і тому для її дослідження достатньо побудувати граничний цикл [11, с. 82].

Крім того, якщо існує таке значення $t < \infty$, для якого функції $E^*(t)$, $EK^*(t)$ і $C^*(t)$, що описують граничний цикл, приймають значення рівні відповідним нормативним значенням складових сталого розвитку, тоді можна робити висновок про те, що для досліджуваної системи можливо за скінченний час досягти сталого розвитку.

У такому випадку задачу управління сталим розвитком територіальної громади можна сформулювати, як задачу мінімізації часу перехідного режиму, тобто задачу мінімізації часу досягнення стану сталого розвитку.

Висновки з проведеного дослідження.

1. Територіальна громада – складна слабо-структурована динамічна саморегулююча система, якій притаманна наявність значного числа складних взаємопов'язаних причинно-наслідкових зв'язків між соціальною, екологічною та економічною складовими. У сучасних умовах управління територіальною громадою вимагає використання сучасного математичного апарату, а саме моделей економічної динаміки і методів їх аналізу та дослідження. За допомогою таких моделей і методів можна аналізувати динаміку соціальної, екологічної та економічної складових сталого розвитку, моделювати його розвиток, а також оцінювати можливі наслідки управлінських рішень.

2. Математична модель сталого розвитку територіальної громади або соціально-еколого-економічної системи може бути представлена, як система диференціальних рівнянь.

3. Задача управління сталим розвитком територіальної громади можливо представити, як задачу мінімізації часу перехідного режиму, якщо її математична модель у вигляді системи диференціальних рівнянь має атрактор.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Гринів Л. С. Екологічно збалансована економіка: проблеми теорії : монографія / Л. С. Гринів. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2001. – 240 с.
2. Програма дій «Порядок денний на ХХІ століття» : ухвалена конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро, (Саміт «Планета Земля», 1992 р.) / пер. з англ. – 2-ге вид. – К. : Інтелсфера, 2000. – 360 с.
3. Шкарлет С. М. Еволюція категорії «безпека» в науковому та економічному середовищі / С. М. Шкарлет // Формування ринкових відносин. – 2007. – № 6. – С. 7–12.
4. Шарапов О. Д. Економічна кібернетика : навч. посібник / О. Д. Шарапов, В. Д. Дербенцов, Д. Є. Семьонов. – К. : КНЕУ, 2005. – 231 с.
5. Національна парадигма сталого розвитку України / за заг. ред. Б. Є. Патона. – К. : Держ. установа "Ін-т економіки природокористування та сталого розвитку Нац. академії наук України", 2012. – 72 с.
6. Занг В. Б. Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории / В. Б. Занг ; пер. с англ. – М. : Мир, 1999. – 335 с.
7. Тимохин В. М. Моделювання складних видів динаміки в управлінні виробничо-економічними системами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економ. наук : спеціальність 08.03.02 – економіко-математичне моделювання / В. М. Тимохин.
8. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж. М. Кейнс. – М. : Прогресс, 1978. – 494 с.
9. Экономическая динамика : учеб. пособие / Ю. Г. Лысенко, В. Л. Петренко, В. Н. Тимохин, А. В. Филиппов. – Донецк : Изд-во ДонГУ, 2000. – 176 с.
10. Сергеева Л. Н. Нелинейные модели сложных экономических систем : дис. ... д-ра экон. наук : 08.03.02 / Людмила Нильсовна Сергеева ; Запорожский гос. ун-т. – Запорожье, 2003. – 400 с. : рис.
11. Піддубна О. О. Моделювання динаміки виробничого потенціалу підприємства [Текст] : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.11 / Піддубна Ольга Олександрівна ; Дніпропетр. нац. ун-т ім. Олеса Гончара. – Запоріжжя, 2011. – 172 с., [13] арк. : рис., табл.