



УДК 330.4:504.03

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОПОДАТКУВАННЯ У ТУРИСТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Л. Зомчак

*Львівський національний університет імені Івана Франка
79008, м. Львів, проспект Свободи, 18*

У статті запропоновано модель нелінійної динаміки у вигляді двох диференціальних рівнянь, яка описує взаємодію між туристами та навколишнім середовищем за умов наявності оподаткування. Перше рівняння системи описує динаміку якості навколишнього середовища, а друге – динаміку податкових надходжень. Систему досліджено на стійкість шляхом лінеаризації у випадку наявності та відсутності оподаткування, знайдено особливі точки та досліджено поведінку локальних фазових потоків в їх околі, обґрунтовано доцільність введення оподаткування. Ключові слова: оподаткування, туризм, нелінійна динаміка, якість навколишнього середовища, лінеаризація системи.

Незважаючи на підвищену увагу до проблем екології, усвідомлення важливості екосистем та біорізноманіття для добробуту людини, продовжується погіршення екологічного стану та деградація екосистем у великих масштабах.

У більшості випадків спеціалізація у туризмі зумовлена наявними природними ресурсами та їх якістю. Навколишнє природне середовище є важливою частиною туристичної галузі, водночас саме туристична активність чинить значний тиск на природу та може завдавати їй шкоду, а навіть ставити під загрозу туристичну спроможність економіки. Оподаткування туристів може бути одним із важливих джерел фінансування та відшкодування шкоди, завданої навколишньому середовищу.

Значну увагу дослідженню проблем математичного моделювання еколого-економічних систем серед українських вчених приділяють Онищенко А.А., Рамазанов С.К. [1], Григорків В.С., Ляшенко І.М., Козик В.В., Лаврик В.І. та інші. Серед закордонних вчених назвемо таких: Долгоносів БМ., Красс М.С., Моисеев Н.Н., П. Руссу [2], В. Кларк та інші.

Екологічна економіка – міждисциплінарний підхід, у межах якого розв'язують проблеми взаємодії економічних та екологічних систем. Зазвичай в економіці не приділяють достатньо уваги проблемам економіки, а враховуючи істотну складність еколого-економічних систем, виникає потреба застосовувати спрощені, аналітичні підходи до їх моделювання, і саме моделі системної динаміки можуть бути альтернативою.

Очевидно, що найбільшими забруднювачами навколишнього простору зазвичай є виробничі, промислові, видобувні підприємства, найчастіше вони працюють із незамкнутим виробничим циклом. Накопичення небезпечних забруднень призводить до екологічного неблагополуччя місцевості, зростання кількості та ризику техногенних аварій та збільшення масштабів їхніх наслідків. Для захисту застосовують сти-



мулююче чи щадне оподаткування, штрафи, торгівлю квотами, каральні заходи тощо. Цей випадок забруднення навколишнього середовища є одним із найбільш досліджених серед екологічних проблем. Менше уваги як теоретики, так і практики екологічної діяльності приділяють проблемам технологічної безпеки благополучних регіонів.

Привабливі з туристичної точки зору регіони, як правило, є достатньо благополучними в екологічному плані. Причому найбільшої шкоди їм зазвичай надає сама велика кількість відвідувачів-туристів. Кількість осіб, які відвідують захищені природні території, впродовж кількох останніх декад зростає, і така динаміка, за прогнозами, матиме місце й надалі. Але на фоні зростання кількості туристів спостерігають також їхнє бажання відвідувати місця, де можна усамітнитись від натовпу, зростає попит на якісно інші туристичні об'єкти, коли в першу чергу враховується якість навколишнього середовища.

Туристичний сектор досить часто розглядають як привабливе джерело оподаткування, зважаючи на високий рівень доходу користувачів послуги та можливість перенесення її податкового тягаря на іноземців [3]. З позиції туриста також важливо, щоб навколишнє середовище було в хорошому стані, адже саме в цьому він нерідко зацікавлений (йдеться про прихильників екологічного або зеленого туризму). Оскільки якість середовища важлива для туриста, то він готовий заплатити за цю якість. Навіть більше, останнім часом можна спостерігати тенденцію переходу туристичних економік з спеціалізації на масовому туризмі до якісного туризму. Саме для спеціалізованого туризму постає проблема захисту навколишнього середовища, зокрема, через оподаткування.

Метою дослідження є побудова математичної моделі нелінійної динаміки якості навколишнього середовища з урахування податкового навантаження, тобто дослідження впливу оподаткування на якість середовища. Емпіричні спостереження дозволяють припустити. Що лінійна динаміка невласлива економіко-екологічним системам, оскільки вони є складними нелінійними динамічними системами з великою кількістю елементів, що взаємодіють між собою.

Класичну біофізична математична модель, яку застосовують в екології та для моделювання динаміки популяцій, називають модель Лоткі-Вольтерра [2-7]. Станом на сьогодні вона має багато модифікацій та успішно застосовується у моделюванні не лише біофізичних процесів, але й соціальних, економічних та інших [8]. Більш реалістичною, ніж вольтерріанська, вважається теталогістична модель. Розглянемо її модифікацію, де диференціальні рівняння описують динаміку якості навколишнього середовища (N) та податкових надходжень (P):

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right) - aP^2 + bcP, \quad (1)$$

$$\frac{dP}{dt} = P(-b - eP + fN), \quad (2)$$

де r – питома миттєва швидкість зростання якості середовища,

K – максимальна питома якість навколишнього середовища,

b – туристичний податок,

a та c – параметри функції, що описує реакцію навколишнього середовища,

a – міра впливу середовища на туриста,

c – міра ефективності заходів із захисту середовища,

e та f – параметри, що є характеристиками ефекту натовпу серед туристів.



Усі параметри моделі строго більші від нуля. Єдиний параметр, який може набувати нульового значення – розмір податку, оскільки податок може не зніматись, якщо це неефективно чи недоцільно.

Динаміка відвідувачів (туристів) залежить від кількості відвідувачів у попередньому періоді, а також їх кількість негативно впливає на якість навколишнього середовища. Обсяг податкових надходжень у наступному періоді залежить як від ставки оподаткування, так і від того, чи піддаються туристи ефекту натовпу, коли туристичний об'єкт стає популярним і кількість туристів різко, лавиноподібно зростає.

Спочатку розглянемо модель (1)-(2) без оподаткування, вона набуде вигляду:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right) - aP^2 \quad (3)$$

$$\frac{dP}{dt} = P(-eP + fN) \quad (4)$$

Для дослідження системи на стійкість спочатку необхідно знайти її стаціонарні точки і дослідити поведінку динамічної системи при малих відхиленнях в околі стаціонарних точок [9].

Для знаходження стаціонарних точок прирівняємо обидва рівняння системи (3)-(4) до нуля і розв'яжемо їх. Отримаємо три стаціонарні точки: 1) (0, 0); 2) (K, 0); 3)

$$\left(\frac{re^2 K}{re^2 + f^2 aK}, \frac{refK}{re^2 + f^2 aK} \right). \text{ Потім перейдемо до лінеаризованої системи, запишемо}$$

характеристичне рівняння та розв'яжемо його відносно невідомих λ_1 та λ_2 . Отримали, що для першої точки $\lambda_1 = 0$ та $\lambda_2 = r$, отже, це точка типу сідло. Для другої точки $\lambda_1 = -r$ та $\lambda_2 = fK$, отже, це теж точка типу сідло. В особливих точках типу сідло спостерігаємо експоненційне зростання в одному напрямку та експоненційне спадання в іншому. Третя точка може бути атрактором лише тоді, коли $af^2 K - e^2(r + fK) < 0$, в іншому випадку вона буде репелером. Дослідження поведінки системи в останній, третій точці, показує, що за умови, якщо туристи нечутливі до ефекту натовпі, тобто параметр f досить малий, і система не знаходиться в рівновазі, то з часом кількість туристів збільшується, якість середовища погіршується, туристи відмовляються від відвідин туристичного об'єкту, а система з часом повертається до стану рівноваги.

Дослідимо тепер за аналогічною схемою систему (1)-(2), тобто модель з урахуванням оподаткування. Для заданої системи є дві особливі точки, а поведінка системи в околі цих точок залежить від значень її параметрів. Перша точка (0, 0) та друга (K, 0), причому, якщо $b < fK$, то система матиме одну стаціонарну точку, а

якщо $K > \frac{re}{f^2 c}$, то дві. Дослідження стаціонарних точок на стійкість показало, що

перша точка завжди буде сідловою, а друга буда сідловою лише у випадку, коли $b < fK$, в інших випадках вона буде притягувати фазові траєкторії системи.

Отже, якщо внутрішня стаціонарна точка системи без оподаткування є атрактивною, то введення введення податків дозволяє стабілізувати систему. Питання лише в тому, при яких значеннях b та c система переходить з нестабільного стану до стабільного. Очевидно, що введення оподаткування до моделі ускладнює



динаміку системи, з'являється нова сідловка точка. Зокрема, при певних значеннях b та c має місце біфуркація Хопфа, а зміна значень цих параметрів може як дестабілізувати, так і стабілізувати систему. Тобто, визначальними для динаміки системи є міра ефективності заходів із захисту середовища та туристичний податок.

1. Рамазанов С. К. Проблема прогнозирования эколого – экономических процессов на основе стохастической мультипликативно-аддитивной модели нелинейной динамики / С. К. Рамазанов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля : наук. журнал. – Луганськ, 2012. – № 10 (181). – С. 6-17.
2. Russu P. Dynamics in a environmental model with tourism taxation / Russu P. // MPRA Paper. – 2012
3. Ключков В. В., Гривский С. А., Игнатъева А. И. Налоговые механизмы стимулирования повышения экологичности оборудования длительного пользования // Управление большими системами. – 2012. Выпуск 39. – С.184-218.
4. Johnston R.J. Dynamic Model of Sustainable Tourism / R.J. Johnston, T. Tyrella // Journal of Travel Research., – Volume 44. – Issue 2. – 2005. – pp. 124-134.
5. Song H. Tourism economics research: A review and assessment / H Song, L Dwyer, G Li, Z Cao // Annals of Tourism Research. – Volume 39. – Issue 3. – 2012. – P. 1653–1682
6. Козик В.В. Застосування біофізичних моделей у практичній економіці: монографія / В.В. Козик, Ю.І. Сидоров. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 180 с.
7. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології / Лаврик В.І. – К.: Вид. дім «КМ Академія», 2002. – 203 с.
8. Козик В.В. Застосування моделі Лоткі-Вольтерра для опису дуопольно-дуопсонієвої конкуренції / Козик В.В. Сидоров Ю.І., Скворцов І.Б., Тарасовська О.Б. // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – №2(104). – 252-260.
9. Резник Г. А. Механизмы управления устойчивостью эколого-экономической системы/ Резник Г. А., Малышев А. А. // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Общественные науки. 2012. №4. С.138-146.

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING OF THE TAXATION PROCESSES IN TOURISM

L. Zomchak

Ivan Franko National University of L'viv, Svoboda Av., 18 UA – 79008 L'viv, Ukraine

In article the model of nonlinear dynamics in the form of two differential equations, describing interaction between tourists and environment with taxation is offered. The first equation of system describes dynamics of quality of environment, and the second - dynamics of tax revenues. Systems are investigated on stability by linearization in case of existence and lack of the taxation, it is found special points and the behavior of local phase streams in their vicinity is investigated, expediency of introduction of the taxation is proved.

Keywords: taxation, tourism, nonlinear dynamics, quality of environment, system linearization.