

УДК 332.1:502.131.1

*Петровська С.А.*

## МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕГІОНАЛЬНОЇ СОЦІО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ МОДЕЛІ

*У роботі обґрунтована необхідність дослідження сталого розвитку на рівні регіону як цілісної соціо-еколого-економічної системи. Запропонована структурна концептуальна модель, яка відбиває різноманітні аспекти концепції сталого розвитку на регіональному рівні. На її основі побудована математична регіональна соціо-еколого-економічна модель.*

**Ключові слова:** *сталий розвиток регіону, соціо-еколого-економічна модель, еколого-економічне моделювання.*

**Постановка проблеми.** Весь довгий шлях, пройдений людством, супроводжувався пошуком оптимальних шляхів розвитку. Проте нинішній етап – найбільш драматичний: людство усвідомило, що воно стоїть перед вибором – глобальна катастрофа, самознищення у випадку збереження принципів і тенденцій традиційного шляху або розробка та здійснення нової парадигми розвитку.

Сучасний етап розвитку цивілізації носить особливий характер. Відбувається інтернаціоналізація процесів соціально-економічного розвитку, а відтак і екологічних проблем. Рівень економічного розвитку та його наслідок – рівень деградації навколишнього середовища вирости настільки, що стали загрожувати існуванню людини як біологічного виду. Саме цей момент і став причиною того, що питання охорони навколишнього середовища стали розглядатися на міжнародному рівні. Почався пошук нової парадигми розвитку – не економічної, не соціально-економічної або еколого-економічної, а соціо-еколого-економічної. Ця парадигма дістала назву «сталий розвиток». У 1992 р. на конференції в Ріо-де-Жанейро представники 179 держав прийняли програму всесвітнього співробітництва на наступне сторіччя в інтересах сталого розвитку «Порядок денний на 21 століття». Реалізація програми передбачала розробку кожною із країн національної стратегії сталого розвитку [1].

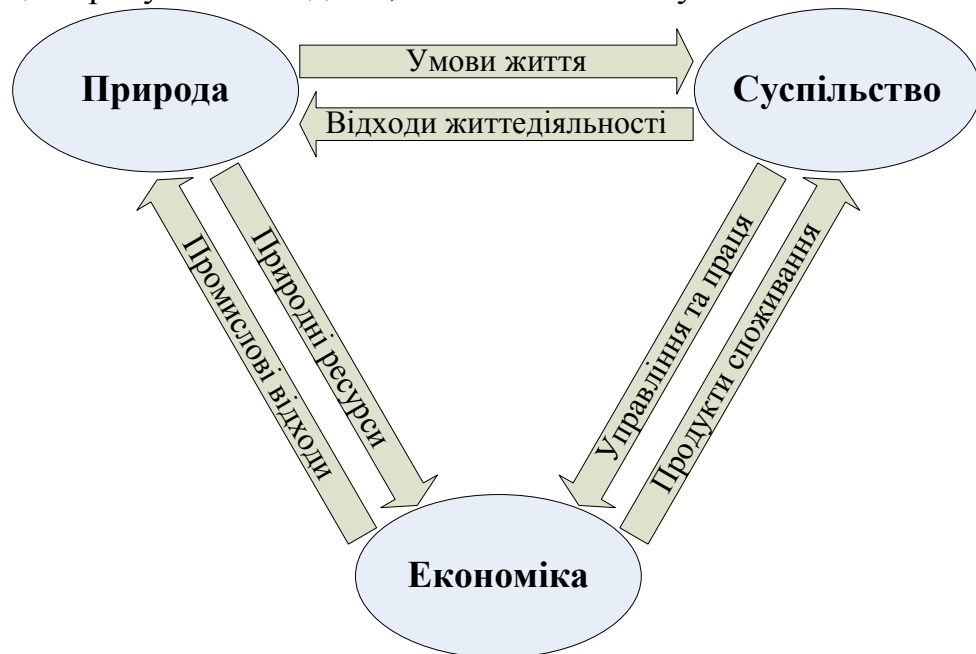
Досягнення країною сталого розвитку можливе тільки за умови забезпечення сталого розвитку всіх її регіонів. Для цього необхідне формування регіонального механізму, який регулюватиме соціально-економічний розвиток, природокористування та антропогенний вплив на довкілля. Оскільки Україна ще не досягла сталого розвитку, то розробка стратегії соціо-еколого-економічного розвитку регіону, яка сприятиме досягненню сталого розвитку даного регіону та країни в цілому, за допомогою еколого-економічного моделювання є актуальним питанням сьогодення.

На даний час у вітчизняній та світовій науці проводяться розробки в сфері економіко-математичного моделювання розвитку регіональних систем, серед яких проблемам сталого розвитку регіонів присвячені роботи О. Адаменка, І. Благуна, Є. Борщука, О. Братути, В. Гейця, В. Гурмана, М. Долішнього, В. Забродного, М. Кізима, О. Корольова, Б. Кучіна, В. Леонтєва, І. Ляшенка, Д. Медоуза, Л. Мельника, І. Михасюка, Р. Раяцкаса, Є. Рюміної, Т. Сааті, В. Трегобчука, В. Удовиченка, Дж. Форрестера та ін. Але багато проблем економіко-математичного моделювання сталого розвитку залишилися невирішеними. Зокрема розробка регіональної соціо-еколого-економічної моделі з урахуванням принципів сталого розвитку та наповнення її реальною інформацією.

**Мета статті** полягає в розробці регіональної соціо-еколого-економічної моделі.

**Виклад основного матеріалу.** Об'єктом сталого розвитку та даного дослідження є соціо-еколого-економічна система, що представлена на рис. 1.

Кожна із трьох її підсистем виконує свої функції. Суспільство формує цілі розвитку економічної підсистеми та є споживачем її продукції. Економіка для досягнення поставлених перед нею цілей використовує ресурси природної підсистеми, поставляючи в неї, у свою чергу, відходи. Природа під впливом відходів, що надходять із суспільства й економіки, змінює свої властивості як середовища перебування людини, чим впливає на суспільство.



**Рис. 1. Соціо-еколого-економічна система**

Коло замкнулося. Саме замикання цього «кола» й призвело до появи парадигми сталого розвитку як результату усвідомлення людством такої зміни середовища перебування в результаті його діяльності, що загрожує самому існуванню людства.

Розглянуті підсистеми мають складну будову.

Природна підсистема представлена географічною системою визначеного рівня організації. Виділяють три ієрархічних рівні організації геосистем: планетарний, регіональний, локальний.

Ієрархічний розподіл економічної підсистеми проводиться по галузевому або територіальному принципу та може бути також сформульований у вигляді трьох ієрархічних рівнів: національне господарство в цілому, галузь (регіон), фірма (підприємство).

Соціальна підсистема має більш складну будову, тому для кожного її елемента можна побудувати свою ієрархічну структуру, однак обмежимося територіальною ієрархією: місто (район), селище, село.

Сучасна методологія системних досліджень із використанням математичних засобів передбачає такі основні етапи моделювання складних об'єктів:

- 1) формулювання цілей;
- 2) опис об'єкта моделювання;
- 3) вибір або побудова математичного апарату (абстрактної моделі);
- 4) формулювання концепції об'єкта в рамках абстрактної моделі;
- 5) програмно-алгоритмічна реалізація;
- 6) ідентифікація (визначення структурних параметрів моделі);
- 7) розробка сценаріїв, які відповідають змістовним проблемам, що досліджуються;
- 8) дослідження та машинні експерименти;
- 9) змістовна оцінка результатів [2].

Саме в рамках послідовності даних етапів будемо розв'язувати задачу моделювання сталого розвитку регіону. Але в даній статті розглянемо тільки перші п'ять етапів: від формулювання цілей до програмно-алгоритмічної реалізації.

Соціо-еколого-економічна система характеризується визначеною цілеспрямованістю свого функціонування. Тобто, якщо така система функціонує, то у ній вирішується безліч завдань управління і з певною точністю забезпечується досягнення цілей управління. Тому, говорячи про прогнозування розвитку суспільства на будь-якому його рівні (регіональному, національному або планетарному) і про завдання такого розвитку, необхідно, насамперед, встановити його цілі (I етап моделювання).

Із моменту появи класичної економіки до однієї з основних цілей розвитку цивілізації віднесено:

- 1) задоволення потреб людини;

Ця мета вважалася основною протягом десятиліть. Однак поступово виросло розуміння тієї обставини, що ресурси планети не безмежні та все те, що ми витрачаємо, ми відбираємо у майбутніх поколінь. Саме із цього розуміння й виросла концепція сталого розвитку, що визначається як «форма розвитку або прогресу суспільства, що не обмежує можливості майбутніх поколінь забезпечувати своє існування» [3, 4]. Виходячи із цього, потрібно додати дві цілі:

- 2) збереження та нагромадження запасів ресурсів (природних, економічних

та соціальних), необхідних для задоволення потреб майбутніх поколінь;

3) збереження умов для існування людини як біологічного виду.

Таким чином, отримуємо систему із трьох одночасно існуючих цілей.

Прийнято розділяти цілі відповідно до ступеню їх досяжності. У цьому випадку першу ціль – задоволення потреб людини – можна віднести до короткострокових цілей (час досягнення – 3–5 років). Збереження та нагромадження запасів ресурсів актуальне для життя наступних поколінь (час досягнення – 5–15 років), тому цю ціль будемо вважати середньостроковою. Збереження умов для існування людства є довгостроковою ціллю, спрямованою на далеке майбутнє.

Перераховані цілі вступають у протиріччя між собою. Найбільш значиме з них – протиріччя між споживанням і нагромадженням (інвестиціями) (між I та II цілями). Збільшення споживання як основне джерело задоволення постійно зростаючих потреб вступає в протиріччя з необхідністю забезпечити високий рівень виробництва в майбутньому, що можливо тільки за умов надходження постійних інвестицій у розвиток виробництва. Отже, державі необхідно постійно витримувати баланс між споживанням і нагромадженням, регулюючи економічний механізм.

Однак, беручи до уваги характерний час кожної із груп цілей, між групами можна виокремити такі взаємозв'язки: на коротких часових відрізках, порівнянних з характерним часом першої цілі (зростання добробуту), об'єм запасів ресурсів (друга ціль) змінюється мало, а його рівень може бути прийнятий за постійний. У цьому випадку запаси ресурсів можуть розглядатися як обмеження для рівня національного добробуту стосовно всіх трьох підсистем.

Для середньострокової групи цілей найбільший інтерес становить зміна запасів ресурсів, які тут можна трактувати як «національне багатство». Тут обмеженням виступає ступінь стійкості біосфери (або, точніше, ноосфери) в цілому.

На планетарному рівні динаміку стану біосфери розглядаємо в цілому з позиції її стійкості. При цьому дана ціль може бути розглянута в рамках інших груп цілей як обмеження. Таким природним обмеженням є діапазон вектора показників стану ноосфери, при якому можливе існування людини.

Для кожної з виділених цілей існують свої пріоритети стосовно трьох підсистем: економічної, соціальної та природної. При переході від короткострокової цілі до довгострокової йде перехід від регіональних методів управління до планетарних. При цьому поступово знижується пріоритетність соціальної сфери в досягненні цілей з поступовим наростанням ролі природних факторів.

На нижньому рівні досягнення цілі «задоволення потреб людини» розглядаємо, насамперед, як задачу підвищення соціальної захищеності населення та раціонального перерозподілу прибутку. Рівень виробництва тут обумовлюється зовнішніми факторами, що пов'язане з тим, що економічна підсистема є гранично відкритою, як правило, більша частина економічної продукції, виробленої в регіоні, йде за його межі, і, навпаки, майже вся

споживана продукція надходить із інших регіонів.

На більш верхніх рівнях (великий регіон, держава) у механізм досягнення зазначеної цілі включаються економіка та навколишнє середовище, система стає більш замкнутою.

Друга ціль – «збереження й нагромадження запасів ресурсів для майбутніх поколінь» сполучає у собі необхідність використання всіх трьох підсистем.

На планетарному рівні у часовому масштабі, порівнянному з кількома десятиліттями, йде взаємопроникнення економічного, соціального й природного факторів, що призводить до необхідності розгляду їх як єдиних ноосферних факторів, що виникли в результаті коеволюції людини та природи.

Далі необхідно визначити систему показників, що описують ступінь досягнення цілей (цільові критерії) і механізм досягнення цілей.

Для кожної із трьох загальносистемних цілей критерії ефективності й способи їхнього досягнення будуть істотно різні. При цьому серйозною проблемою є досягнення балансу між місцевими та глобальними проблемами.

Звичайно, можна розробити певний набір показників, який застосовувався б до будь-якого співтовариства й охоплював би як глобальні питання (парниковий ефект, біорізноманіття), так і більш конкретні (місцева якість води й повітря, споживання енергії, злочинність, забезпеченість житлом).

Однак вирішуватися на регіональному рівні будуть тільки ті програми, які є для даного регіону істотними. Тому що, нерозуміння населенням цілей регіональних програм сталого розвитку формує недовіру до таких програм і неучасть у їх реалізації. І, навпаки, включення в програми сталого розвитку місцевих проблем та умов, їхнє вирішення породить більшу зацікавленість мешканців у вирішенні питань сталого розвитку. Саме спрямованість на місцеві умови й повинна відрізнити регіональну модель сталого розвитку.

Розглянемо тепер структуру об'єкта моделювання (II етап). Як вже зазначалося вище, об'єктом даного дослідження є регіональна соціо-еколого-економічна система.

З позицій сталого розвитку регіон необхідно розглядати як єдиний соціо-еколого-економічний організм, кожна зі складових якого має важливе значення та впливає на іншу складову. Наприклад, забруднення повітряного середовища впливає на здоров'я людини, скорочує лісові запаси, що, у свою чергу, позначається на стані підземних і поверхневих вод, підвищенні ерозії ґрунтів і впливає на самоочисні здатності повітря.

Таким чином, структуру взаємодій блоків соціо-еколого-економічної системи представляє двовимірний матриця, що представлена у таблиці 1.

Аналізуючи дану схему, можна зробити ряд важливих зауважень:

1. Неможливо здійснити коректно акт управління («висновок») у жодній з підсистем, не маючи інформації з їх сукупності, тобто по всій системі в цілому. Звідси вимога комплексності та взаємодоступності інформації для різних власників інформації, незалежно від їх організаційних форм.

2. У межах кожної підсистеми необхідно отримувати й підтримувати не тільки «власну інформацію», але й інформацію про взаємодії з іншими підсистемами. Наприклад, у природоохоронній сфері це може бути інформація

про вплив економіки або соціальної сфери на природне середовище в термінах питомих показників (викидів на одиницю продукції, кількості випаленого лісу на душу населення й т.д.).

3.3 інформаційної взаємозалежності впливає методична взаємозалежність власників інформації й окремих підсистем. Інформація із взаємодій компонентів повинна бути виражена в погоджених термінах, поняттях і одиницях. Дана проблема має глобальний характер.

Таблиця 1.

## Структура взаємодії соціо-еколого-економічної системи

	Природа	Економіка	Соціум
Природа	Самовідновлення природного середовища	Надання природних ресурсів	Якість середовища перебування
Економіка	Викиди забруднень у навколишнє середовище	Відтворення проміжного продукту	Виробництво кінцевого продукту
Соціум	Відходи життєдіяльності	Надання трудових ресурсів	Соціальний розвиток

З урахуванням наведеного вище аналізу структури взаємодії соціо-еколого-економічної системи й порівняння різних способів відображення інформації пропонується наступна структурна схема регіональної соціо-еколого-економічної системи (III етап моделювання).

Таблиця 2.

## Структурна схема соціо-еколого-економічної системи

Використання		Всього	Споживання			Нагромадження			Інший світ		
			економічне	природне	соціальне	економічне	природне	соціальне	економіка	природа	суспільство
Валовий продукт	економічний	$X$	$X_x$	$X_R$	$X_S$	$I_x$	$I_R$	$I_S$	$E - M$		
	природний	$R$	$R_x$	$R_R$	$R_S$	$Q_x$	$Q_R$	$Q_S$		$E_R - M_R$	
	соціальний	$S$	$S_x$	$S_R$	$S_S$	$H_x$	$H_R$	$H_S$			$E_S - M_S$
Споживання капіталу	економічного		$D_x$	$D_R$	$D_S$						
	природного		$B_x$	$B_R$	$B_S$						
	соціального		$F_x$	$F_R$	$F_S$						

Де  $X_x, X_R, X_S$  – вектори прямих витрат галузей відповідно на виробництво продукції, виробництво природоохоронної діяльності, соціальне забезпечення;

$I_x, I_R, I_S$  – інвестиції відповідно на розширення економічних активів, на приріст природних активів, в соціальну сферу;

$E, M$  – експорт та імпорт економічного продукту відповідно;

$R_x, R_R, R_S$  – витрати природної продукції відповідно в сфері

економічного виробництва, усередині природної підсистеми, для створення соціального продукту;

$Q_X, Q_R, Q_S$  – нагромадження за рахунок природних потоків відповідно економічного капіталу, природного капіталу, соціального капіталу;

$E_R, M_R$  – експорт та імпорт природних потоків відповідно;

$S_X, S_R, S_S$  – споживання суспільством відповідно економічного продукту, природного продукту, соціального продукту;

$H_X, H_R, H_S$  – нагромадження в результаті соціальної діяльності відповідно економічного капіталу, природного капіталу, соціального капіталу;

$E_S, M_S$  – експорт та імпорт продуктів соціальної діяльності відповідно;

$D_X, D_R, D_S$  – споживання економічного капіталу відповідно економічною підсистемою, природною підсистемою, соціальною підсистемою;

$B_X, B_R, B_S$  – споживання природних активів відповідно економічною підсистемою, природною підсистемою, соціальною підсистемою;

$F_X, F_R, F_S$  – споживання соціального капіталу відповідно економічною підсистемою, природною підсистемою, соціальною підсистемою.

Для опису соціо-еколого-економічної системи будемо використовувати два основних поняття: потоки й запаси. Під потоками розуміють насамперед потоки продуктів, вироблених у кожній із трьох підсистем (соціальної, природної та економічної). На відміну від них, запаси являють собою накопичений капітал, а також неспожиту частину продуктів.

Запишемо тепер таблицю 2 у вигляді системи рівнянь:

потоки

$$X = X_X + X_R + X_S + I_X + I_R + I_S + E - M$$

$$R = R_X + R_R + R_S + Q_X + Q_R + Q_S + E_R - M_R \quad (1)$$

$$S = S_X + S_R + S_S + H_X + H_R + H_S + E_S - M_S$$

і запаси

$$\Delta A_X = I_X + Q_X + H_X - D_X - D_R - D_S$$

$$\Delta A_R = I_R + Q_R + H_R - B_X - B_R - B_S \quad (2)$$

$$\Delta A_S = I_S + Q_S + H_S - F_X - F_R - F_S$$

де  $\Delta A_X$  – приріст економічних активів;

$\Delta A_R$  – приріст природних активів;

$\Delta A_S$  – приріст соціальних активів.

Рівняння (1) і (2) являють собою концептуальну соціо-еколого-економічну модель у вигляді системи балансових рівнянь, кожне з яких описує відповідно використання продукту (економічного  $X$ , природного  $R$  та соціального  $S$ ) – рівняння (1) та зміну активів (економічних  $A_X$ , природних  $A_R$  та соціальних  $A_S$ ) – рівняння (2).

Наведена вище концептуальна схема й відповідна їй система рівнянь дозволяють перейти до математичної соціо-еколого-економічної моделі

леонтієвського типу.

Але виникають труднощі, пов'язані з розходженнями в системах одиниць, які використовуються у кожній з підсистем, і з неможливістю в цей час перейти до єдиних грошових показників. Пояснимо це на прикладі. Розглянемо річку Псел (Сумська обл.). Очевидно, що її можна описувати як простий елемент водного балансу регіону, використовуючи при цьому фізичні одиниці. З іншого боку, можливо підрахувати економічну оцінку води, застосовуючи грошові одиниці. І, нарешті, природно розглянути культурно-естетичну та історичну цінність річки Псел, для чого досить важко підібрати адекватні одиниці.

Інша складність пов'язана з розглядом природних активів, які, по-перше, далеко не повністю можуть бути враховані через їхню невивченість, а по-друге, мають надзвичайно широкий набір одиниць виміру, що погано піддається агрегуванню. Виходячи із цього, будемо розглядати більш вузьке коло елементів природного середовища – тільки ті, які залучені в господарський обіг або піддаються антропогенним впливам.

Після побудови абстрактної моделі можна перейти до 4 та 5 етапів моделювання. Результатом представлення регіональної соціо-еколого-економічної системи з погляду її сталого розвитку на основі структурного аналізу стала наступна соціо-еколого-економічна модель, що являє собою розширення еколого-економічної моделі «Регіон» [5]. Вона описується наступними рівняннями:

$$\dot{V} = u, \quad (3)$$

$$\dot{Z} = w, \quad (4)$$

$$\dot{R} = Q(R - R^*) - Cv - Du - D^z w + Jz + r_i - r_e, \quad (5)$$

$$\dot{I} = \lambda p, \quad (6)$$

$$p = (E - A)v - Bu - A^z z - B^z w, \quad (7)$$

$$0 \leq v \leq V, 0 \leq z \leq Z, (V, Z, R) \in \Omega(t),$$

де  $v, z, V, Z$  – вектори валових випусків продуктів, послуг традиційних і відбудовних секторів (управління) і відповідних потужностей (максимальних випусків);

$p$  – вектор невиробничого споживання;

$R, R^*$  – вектори поточного стану та умовно середнього стану природного середовища й соціуму;

$u, w$  – темпи розширення відповідних потужностей;

$r_i, r_e$  – міграційні потоки (приплив і відтік);

$I$  – накопичений кінцевий продукт;

$\lambda$  – вектор-рядок діючих цін;

$\Omega(t)$  – обмежена безліч припустимих станів систем, що відображає реальні уявлення про стійкість розвитку та відповідні їм обмеження;

$Q$  – матриця взаємовпливу природних і соціальних показників стану;

$A, A^z, B, B^z$  – матриці питомих прямих та фондоутворюючих витрат;

$C, D, D^z$  – матриці чутливостей природних та соціальних показників до



впливу різних видів діяльності;

$E$  – одинична матриця.

У загальному випадку всі матриці будемо вважати залежними від часу  $t$ , що дозволяє врахувати такий серйозний фактор, як технологічний прогрес, а матрицю  $Q$  – додатково залежною від  $R$  для урахування такого реального явища, як необоротність природних процесів при надмірних негативних впливах.

Зарплата в натуральному вираженні, що припадає на одиницю продукції, ураховується в матрицях  $A, B, A^z, B^z$ . Темпи амортизації основних фондів вважаються залежними лінійно від  $v$  і  $z$  відповідно, та відповідні витрати, що компенсують, включаються в  $A, A^z$  матриці.

**Висновки.** Проведене дослідження показало, що альтернативним шляхом розвитку для запобігання екологічній кризі, на порозі якої сьогодні стоїть людство, є концепція сталого розвитку, оскільки вона визначається як «форма прогресу суспільства, що не обмежує можливості майбутніх поколінь забезпечувати своє існування» і поєднує найважливіші фактори розвитку суспільства. Доведена необхідність дослідження сталого розвитку на рівні регіону як цілісної соціо-еколого-економічної системи. Для цього потрібна розробка обґрунтованого довгострокового стратегічного проекту дій всіх учасників регіональної діяльності, з урахуванням всієї складності взаємодій економічних, екологічних та соціальних факторів. Як ефективний інструмент для вирішення даного питання у статті за допомогою математичного моделювання запропонована концептуальна модель, що відбиває різноманітні аспекти концепції сталого розвитку на регіональному рівні та на її основі побудована математична соціо-еколого-економічна модель. Дана модель, після визначення структурних параметрів, дозволяє проводити подальші теоретичні та експериментальні роботи шляхом багатоваріантного аналізу різноманітних альтернативних сценаріїв, наближаючи їх до реальних умов і цілей управління сталим розвитком регіону.

### Список використаних джерел

1. Программа действий. Повестка дня на 21 век. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.un.org/russian/conferen/wssd/agenda21>.
2. Ляшенко І.М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів: навч. пос. / Ляшенко І.М., Коробова М.В., Столяр А.М.; – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2006. – 304 с.
3. Устойчивое развитие: теория, методология, практика: учебник / под ред. проф. Л.Г. Мельника. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 1230 с.
4. Наше общее будущее. Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию / пер. с англ. – М.: Наука, 1988. – с. 3–15.
5. Моделирование и управление процессами регионального развития / под

ред. С.Н. Васильева. – М.: Физматлит, 2001. – 432 с.

*Подано до редакції 10 березня 2011 року*

**Петровская С.А.**

***Механизм реализации региональной соціо-еколого-экономической модели***

*В работе обоснована необходимость исследования устойчивого развития на уровне региона как целостной соціо-еколого-экономической системы. Предложена структурная концептуальная модель, которая отображает разнообразные аспекты концепции устойчивого развития на региональном уровне. На ее основе построена математическая региональная соціо-еколого-экономическая модель.*

**Ключевые слова:** *устойчивое развитие региона, соціо-еколого-экономическая модель, эколого-экономическое моделирование.*

**Petrovskaya S.A.**

***The implementation mechanism of the regional socio-ecological-economic model***

*In the paper the necessity of research for sustainable development at regional level as an integrated socio-ecological-economic system is proved. The structural conceptual model which displays the various aspects of the concept of a sustainable development at regional level is offered. On its basis the mathematical regional socio-ecological-economic model is constructed.*

**Keywords:** *sustainable development on the regional level, socio-ecological-economic model, ecological-economic modeling.*

*Петровська Світлана Анатоліївна – аспірант кафедри економіки Сумського державного університету.*