

ГЕОГРАФІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 911.10+332.132

С. В. КОСТРІКОВ, д-р геогр. наук

(Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна)

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО ВИМІРУ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НА ПІДСТАВІ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ

В статті розглядається можливість формалізованого подання екологічного виміру в рамках концепції сталого розвитку суспільства. Для цього аналізуються деякі особливості сучасної екології як фундаментальної комплексної дисципліни, зокрема – сутність її міждисциплінарного підходу. Останній використовується для визначення співвідношення між трьома вимірами сталого розвитку – екологічним, економічним і соціальним. Для уточнення місця екологічного виміру обговорюються деякі питання інвайронментальної економіки – концепції екстерналізації і природного капіталу. Описуються процедури формалізації екологічного виміру сталого розвитку

К л ю ч о в і с л о в а: міждисциплінарний підхід в екології, концепція сталого розвитку, екологічний та інвайронментальний вимір, багатовимірність сталого розвитку, процедури формалізації екологічного виміру

Міждисциплінарний підхід в екології і деякі аспекти його застосування. Добре відомо, що існує достатньо багато визначень сучасної екології із новим баченням її ролі і завдань. Можна вважати, що більшість з цих визначень так чи інакше походять із класичної дефініції Е. Геккеля (1866). Деякі провідні вітчизняні фахівці на підставі аналізу найвідоміших світових підручників з екології приходять до висновку, що "...сучасна екологія ХХІ сторіччя – це одна із головних фундаментальних комплексних наук про виживання на планеті Земля..." [1, с. 13]. Якщо походити із згаданого класичного визначення, відповідно якому екологія була лише предметною галуззю, що намагалася зрозуміти і пояснити різні аспекти і наслідки взаємодії живих істот із природним довкіллям, стає зрозумілою, так би мовити, стратегічна трансформація *загального предмету екології*. Її вказана роль як *фундаментальної комплексної науки*, на нашу думку, може бути впроваджена лише через наявність предмету екології в концепції сталого соціально-економічного розвитку суспільства (*фундаментальність*) та через дослідження цього предмету на підставі міждисциплінарного підходу (*комплексність*). Розглянемо останній в цій вступній частині статті дещо більш детально.

Як добре відомо, екологію можна вважати

похідною від багатьох предметних галузей, що розглядають вказані вище взаємодії живих істот і середовища їхнього життя – *науки про рослинність, тварин, ґрунтовий покрив, географічні і геологічні науки*, різні інші *природничі ні науки* і, нарешті – *соціально-економічні науки*. Окремі аспекти загального предмету екології залежать від перетинання окремих предметних галузей із цих вказаних, визначаючи таким чином, специфіку окремих екологічних дисциплін. Приймаючи до уваги існуючий в деяких університетах України сучасний тренд екологічних дисциплін від географічних наук до біологічної предметної галузі, слід загадати, що історично, на думку деяких авторів, в багатьох університетах світу екологічні знання певним чином впроваджувалися лише ботанікою та зоологією [2]. Однак, якщо застосувати відому методіку Д. Хазела – Р. Хейнсона – Д. Ліндермейєра щодо "секторально-концентричного аналізу" ієрархічності складових певної предметної галузі [3], легко побачити, що вказані дисципліни (ботаніка, зоологія) зовсім *не є* такими складовими із відношеннями ієрархічності (рис. 1). Для вказаного аналізу складових екології було обрано шість історично основних предметних галузей: *ботаніка, зоологія, геологічні*

науки, фізичні науки, фізична географія і соціально-економічна географія. Виходимо із того, що в межах загального предмету екології кожна із вказаних галузей має свій *предметний сектор*, який складається із певної кількості послідовних концентричних шарів. Кожний із шарів, що перетинає кілька або всі предметні сектори, і подає окрему екологічну дисципліну.

Такими дисциплінами можна визначити (рис. 1):

1. Екологію культурних рослин в техносфері.
2. Екологію популяцій тварин або рослин.
3. Екологія рослинних або тваринних угруповань.
4. Екологія поверхневих вод.
5. Екологія ландшафту.
6. Соціальна екологія.

На нашу думку, саме застосування поданого “секторально-концентричного аналізу” викриває сутність *міждисциплінарного підходу* в застосуванні двох фундаментальних категорій екологічної практики – *простору* та *часу*. Саме ці категорії формують динаміку взаємозв'язків між організмами і середовищем їхнього життя, яка представляється в одній із найбільш холистичних екологічних концепцій – в концепції *екосистеми*.

Остання подає реальне існуюче утворення, яке складається з комплексу організмів (угруповання або *біому*) та їхнього неорганічного середовища життя, які знаходяться в стані динамічної рівноваги [4].

Один з головних аспектів, в рамках якого впроваджується міждисциплінарний підхід в екології – це вивчення *комплексних екологічних мереж*, які складають окремі організми, які взаємодіють друг з другом та з їхнім середовищем життя. Саме в цій площині знаходиться дві головні групи проблем для дослідників-екологів та осіб, які приймають рішення на підставі цих досліджень. *По-перше*, це намагання зрозуміти фактори, які організовують ці *комплексні гетерогенні системи* у часі-просторі, для чого і застосовується згадана вище багаторівнева концепція екосистеми. На нашу думку, у вказаному відношенні достатньо показовими є деякі публікації в англомовній предметній літературі із цієї галузі [5-7]. *По-друге*, це вже безпосередня розробка на підставі даного розуміння методологій та методик вирішення

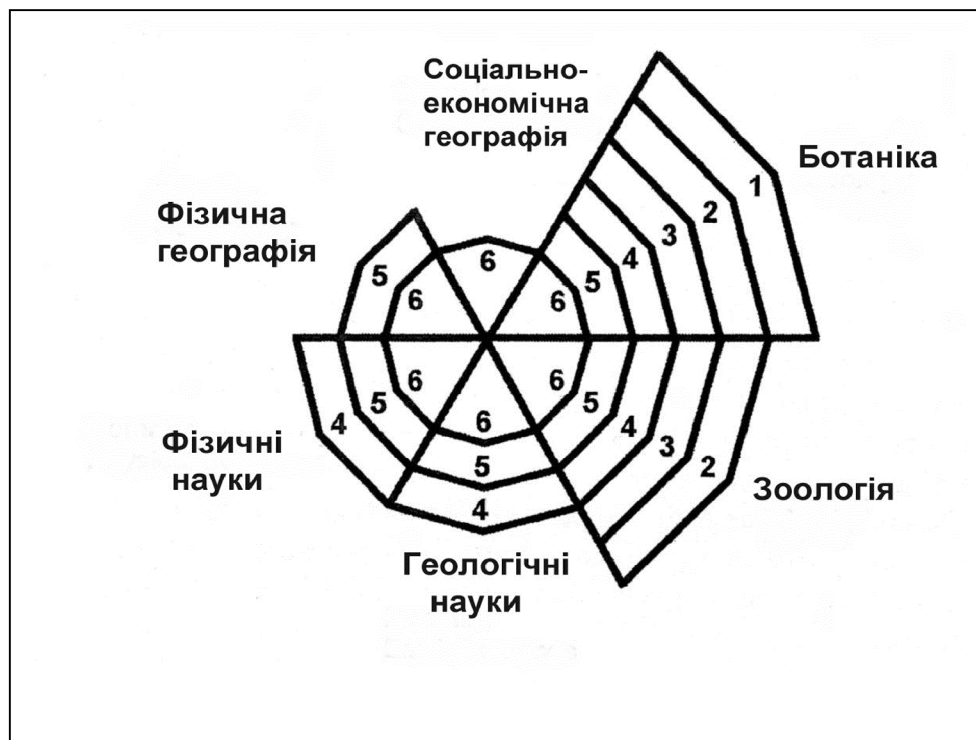


Рисунок 1 – “Секторально-концентричний аналіз” ієрархічності складових екологічної науки за методикою Хазела – Хейнсона – Ліндермейєра

проблем довкілля. Тут в якості прикладу можна навести *методологію моделювання екологічної складності* [8]. Впровадження цієї методології передбачає, що *прості* і однозначні *моделі*, які широко використовувалися на початковому етапі становлення екологічного моделювання, стають вже недостатніми для ефективного прогнозу структурних особливостей тих просторових і темпоральних сутностей, які складають екологічні системи. Причина полягає у тому, що вказані “прості моделі”, як правило, ігнорують певні параметри біологічних угруповань і довкілля, швидкоплинну динаміку взаємодії різних видів та інші характеристики.

Іншим важливим аспектом застосування міждисциплінарної складової сучасної екологічної теорії є вивчення *швидкоплинної динаміки екологічних систем*, хоча, слід зазначити, що традиційно екологічна наука орієнтувалася на вивчення їх довготривалої або асимптотичної поведінки для розуміння самої сутності цих природних феноменів, причому *структурних аналіз стабільності екологічних систем* тут виступає головним засобом дослідження [8]. Однак, особливо протягом останніх двох десятиріч було широко визнано, що вивчення короткочасної динаміки також вкрай необхідне [5] хоча б для того, щоб зрозуміти результати експериментальних досліджень в екології, більшість з яких впроваджуються у часовому масштабі в межах *одного року* [9]. Ефективний екологічний менеджмент, засоби якого застосовуються в практиці збереження і відновлення ресурсів довкілля, вимагає розуміння обох – як довготривалої, так і короткотривалої динаміки екосистем для адекватної інтерпретації результатів польових досліджень. Особлива увага має бути приділена саме швидкоплинній динаміці екосистем, яка характеризує поведінку цих складних динамічних систем перед досягненням ними стану гомеостазису.

Саме нещодавні дослідження швидкоплинної динаміки значною мірою змінили уявлення фахівців про сутність екологічних систем у тому відношенні, що довели – традиційний аналіз стабільності і гнучкості екосистем може давати перекручену

картину щодо того, як екосистеми реагують на збудження в природному довкіллі [10-12]. Саме згадані вище *просторові моделі* екологічної складності демонструють, що після головного збудження (пертурбації) популяційна динаміка може залишатися непередбаченою протягом довгогривалого часу, причому навіть не наближуючись до простої асимптотичної поведінки (поступове наближення до стану гомеостазису) [11].

Із всього викладеного у вступній частині статті зрозуміло, що головні аспекти застосування міждисциплінарного підходу в екології знаходяться в площині вивчення *мінливості природного довкілля*. Достатньо багато моделей динаміки популяцій, угруповань і окремих екосистем потребують включення параметрів, які б так, чи інакше описували вказаний феномен. Моделювання *інвайронментальної стохастичності* є особливо важливим, коли йдеться про прогнозування в цілях менеджменту: 1) видів, які знаходяться під загрозою, 2) експансії агресивних популяцій, 3) збору врожаїв багатьох культурних рослин, 4) комплексного природоохоронного менеджменту. Інвайронментальна стохастичність часто відтворюється через так звану “*модель білого шуму*”. У підваліні цієї моделі знаходиться концепція, що *змінні параметри довкілля* не корелюють протягом часового тренду [13]. Зрозуміло, що із сутністю цієї концепції повністю погодитися не можна, оскільки багато інвайронментальних змінних прямо автокорелюють одна із іншою – наприклад, температура, опади, рівень води у водоймах суші – а у такому випадку шумовий сигнал моделі, як це прийнято вважати, “*червоніє*”. Варіабельність сили такого “*червоного*” шумового сигналу може або збільшуватися, або зменшуватися за часовим трендом [14]. Із самих загальних міркувань зрозуміло, що швидкоплинна динаміка екосистем має вивчатися на підставі вже таких моделей “*кольорового*” шуму.

Викладені у вступній частині статті деякі аспекти застосування міждисциплінарного підходу в екології – дослідження екологічної комплексності та швидко-плинної динаміки екосистем – можуть розглядатися також в рамках найбільш, так би мовити,

стратегічної предметної галузі, до якої може мати відношення екологічна наука – в рамках *концепції сталого соціально-економічного розвитку суспільства*.

Мета цієї статті – показати доцільність застосування міждисциплінарного підходу щодо визначення *екологічного виміру сталого розвитку*, а також подати принципову можливість *формалізованого опису цього виміру*. Фактично подібна задача є однією з предметних складових загального внеску екологічної науки у розуміння природно-антропогенного довкілля.

Принциповий внесок екології в розуміння середовища життя і сталий розвиток суспільства. Екологічна наука, перша за все, висвітлює значення природного довкілля для існування людини як біологічного виду, але також аналізує ті жахливі наслідки для довкілля, які спричиняються життєдіяльністю людини в рамках *техногенної цивілізації*. Екологія просуває загальнонаукову парадигми *взаємозалежності, сталості розвитку* у взаємовідносинах біологічних особин з середовищем їхнього життя і *непрямих ефектів у природних системах*. Відносно прості, однак від того не менш цінні рішення, як-то, наприклад, думка про *харчові ланцюги*, з'явилися як раз на підставі екологічного підходу. Екологія забезпечує теоретичне підґрунтя для збереження природних систем у той час, коли інші, більш вузькі предметні галузі екологічного циклу впроваджують практичні засоби такого збереження. Швидкий розвиток таких відносно нових дисциплін як *біоекологія* та *біосферологія* має місце завдяки невідкладним потребам *збереження від подальшої деградації та аж до знищення* біологічних особин і екологічних систем, природа яких ще не до кінця зрозуміла.

Екологічні теорія і практика також підтримують багато методичних рішень щодо *менеджменту природних ресурсів*. Наприклад, на підставі суто екологічних підходів таких як аналіз доступності екологічних ніш, вивчення динаміки угруповань і окремих екосистем була успішно прогнозована структура напрямків руху живильних речовин і відповідно -

просторове розповсюдження бурхливого зростання синьо-зелених водоростей [15]. У вказаному відношенні ефективні рекомендації щодо запобігання катастрофічному цвітінню були знайдені саме через розуміння взаємозв'язків між синьо-зеленими водоростями та їхнім довкіллям. Екологічний підхід також широко застосовується у розробці менеджерських стратегій щодо оптимізації впливу диких тварин та запобігання розповсюдженню бур'янів в *агроекологічних системах*. Взагалі концепція агроєкосистем, на нашу думку, це так би мовити, розміщення екосистем у сільськогосподарському довкіллі.

Тільки наведені окремі приклади доводять: екологічне знання має займати фундаментальне місце в питаннях управління самими різноманітними ресурсами природно-антропогенних систем у цілях розвитку цих систем *сталим шляхом*. Поняття управління ресурсоспоживанням і як наслідок – природоохоронними заходами - вказують, що питання переводиться із інвайронментальної в *соціальну площину*, і можна говорити про додаток екології до *концепції сталого розвитку суспільства*. Для відносно вузького розгляду цього питання відповідно мети статті треба визначити поняття *екологічного виміру сталого розвитку*.

Категорія екологічного – інвайронментального виміру в рамках концепції сталого розвитку. Підставою існуючої достатньо давно концепції *комплексного розвитку* є та обставина, згідно якої з трьох головних факторів економічного зростання – трудових ресурсів, штучно зроблених засобів виробництва і природних ресурсів, два перших фактори є соціально обумовленими, а третій цілком належить до природного довкілля. Одним з варіантів практичної реалізації вказаної концепції вважається сталий розвиток суспільства, теоретичне підґрунтя якого виходить з необхідності забезпечити світовий баланс між рішенням соціально-економічних проблем і збереженням середовища життя для майбутніх поколінь. Рекомендації щодо *сталості соціально-економічного розвитку* як України, так і будь-якої іншої держави необхідним чином мають ґрунтуватися на

екологічному вимірі економіки сталості, тобто на особливостях фактора природного довкілля, одного з головних серед інших чинників, які зумовлюють певний вектор соціально-економічного руху суспільства.

Дану тезу можна пояснити однією з, на нашу думку, найбільш плідних ідей, доданих саме економістами до дискусії про сутність сталого розвитку – виснаження природних ресурсів через економічне зростання доцільніше описувати через економічну категорію *капіталу* (його від'ємного руху), аніж через поняття *прибутку* (який зменшується) [16, 17]. Із вказаної ідеї випливають спроби визначення *індикаторів сталого розвитку* і впорядкування національних фінансово-облікових систем і методик так, щоб вони враховували екологічний вимір сталого розвитку на підставі *теорії природного капіталу*. Тільки наявність подібного теоретичного обґрунтування забезпечує можливість *формалізації екологічного виміру*. За певних обставин (перш за все, при наявності розвинутих бази даних і бази знань) можна застосовувати більш ширший міждисциплінарний методологічний підхід для розгляду вже не “просто екологічного”, а *інвайронментального виміру*, коли на підставі “секторально-концентричного аналізу” (див. вище) можна визначити, що дослідження виходять за рамки класичного предмету екології (*живі істоти ↔ середовище життя*) і вивчають інші різноманітні аспекти змісту природного довкілля.

Під формалізацією як інвайронментального, так і екологічного виміру доцільно розуміти відображення змістовного знання сталого розвитку в знаковому формалізмі або формалізованій мові аксіоматичного методу теорії природного капіталу. Міждисциплінарний формалізований підхід також дозволяє впроваджувати моделювання певних аспектів екологічного виміру, наприклад, через сучасні ГІС-технології. Повна формалізація цього виміру сталого розвитку в теперішній час не представляється можливою через складність екологічних процесів і явищ. Проте ті або інші її елементи мають використовуватися практично в будь-якому дослідженні щодо реалізації концепції сталого розвитку.

Сучасна концепція сталого розвитку (КСР) розглядається як така, що забезпечує продовження поліпшення якості життя причому із інтенсивністю ресурсоспоживання, яка зменшується. Контroversійність подібного підходу саме в рамках техногенного шляху цивілізації, на нашу думку, має бути очевидною, і не тільки для фахівця із предметної галузі КСР. Адекватність цього підходу може бути доведена тільки через залучення *теорії природного капіталу*, оскільки саме таким чином можна формалізовано описати рух основного капіталу, який не зменшується для майбутніх поколінь. Таким чином, продуктивні сили, які існуватимуть в певний проміжок часу у майбутньому у формі *штучного, природного і соціального капіталу* (відповідна методологія детально викладалася в нашій попередній статті [18, С. 129-132]), мають забезпечити покращення стандартів якості життя паралельно із зменшенням антропогенного навантаження на довкілля.

Можна прийти до висновку, що сучасна система теоретичних, методологічних та аксіологічних установок КСР – її парадигма – *за умовою впровадження міждисциплінарного підходу* складається з трьох основних вимірів – *екологічного, економічного і соціального*. Стислу характеристику кожного із вимірів щодо поняття “природно-антропогенна система” можна дати наступним чином. Під вказаною системою розуміється емерджентна сутність будь-якого рангу, яка виокремлюється на зрізі взаємодії “природне довкілля (оточуюче середовище) – суспільство” (рис. 2): *Екологічний* (за наявністю відповідних бази даних і бази знань – *інсайронментальний*) – екологічно стала система підтримує стійку ресурсну базу, запобігає надмірній експлуатації поновлюваних природних ресурсів та функції природного довкілля як приймача токсичних відходів, передбачає зменшення ресурсів, які не поновлюються, тільки до обсягу, який повністю відшкодовується інвестиціями в їхні штучні замінники. Ця стала система підтримує біорізноманіття, стійкість складу атмосфери, а також функції інших екосистем, які не завжди розглядаються в якості природних ресурсів суспільства.



Рисунок 2 – Три виміри щодо факторів-складових сталого розвитку суспільства

• *Економічний* – економічно стала система має бути здатною безперервно виробляти товари та послуги, підтримувати адекватний рівень свого управління та зовнішнього боргу, запобігати розвитку надмірного дисбалансу між своїми секторами, який може призвести до занепаду або сільськогосподарського, або промислового виробництва.

• *Соціальний* – соціально стала система повинна забезпечити справедливість в розподілі суспільних благ і наданні рівних можливостей. Така система запобігає побудові “суспільства соціальної дискримінації” [18, С. 133-134], забезпечує адекватне постачання соціальних послуг, включаючи охорону здоров’я, освіту, гендерну справедливість і політичний плюралізм.

Зрозуміло, що *багатовимірність сталості* спричиняє кілька потенційних ускладнень в класичній моделі економічного розвитку. Однак, на нашу думку, саме екологічний вимір забезпечує найскладніші “збудження” і, як наслідок, варіативні зміни цілей застосування економічної моделі. Саме через фактор довкілля такі цілі мають бути багатовимірними, мають ініціювати питання про баланс інтересів, про об’єктивні критерії

успіху або невдачі застосування певної економічної моделі. Наприклад, що коли постачання якісних продуктів харчування та води потребує кардинальних змін в землекористуванні, які, у свою чергу, призводять до суттєвого зменшення біорізноманіття? Що коли альтернативна енергетика коштує значно більше ніж традиційна (реалії України), однак остання призводить до значного забруднення довкілля? Які цілі у таких випадках мають бути первинними? Таким чином, хоча кожна із складових має свої власні чинники визначення та впливи на інші виміри, *вимір довкілля (екологічний → інвaйронментальний)* можна розглядати таким, що є домінантним згідно формалізованій схемі всіх трьох домінантних факторів-складових сталого розвитку суспільства (рис. 2):

Із відповідних дисциплін, предмет яких охоплює всі три галузі в останнє десятиріччя вважається, що найбільш динамічно розвивається *екологічна економіка*, яка поєднує екологічні і економічні методи для дослідження інвар-ронментальних проблем сьогодення. Тут, на нашу думку, окреме місце займає

фундаментальна монографія класиків цієї предметної галузі – Р. Констанзи і Г. Далі із співавторами [19]. Певним чином, викладену цими авторами змістовну частину “Вступу до екологічної економіки” можна стилізовано подати наведеним нами вище трикутником (рис. 2). Подібне узагальнення допомагає зрозуміти, що домінантним тут все ж є економічний вимір – в екологічній економіці однією з ключових концепцій виступає аналіз функції рівня економічної активності із перебігом часу. Альтернативний підхід із перенесенням центру ваги на *аспекти довкілля* (екологічний – інвайронментальний вибір) демонструє концепція визначення і підтримки сталості екологічних систем, яка ґрунтується на відомій теорії екосистемної еластичності (*ecosystems resilience* – англ.) [20].

Таким чином, виокремлення трьох предметних складових і створення єдності “база даних - база знань” для сучасної парадигми сталого розвитку доцільно розглядати вступним кроком формалізації будь-якої з таких складових. Для екологічного виміру другий крок можна зробити на підставі відповідного тлумачення сучасних уявлень про категорії виробництва, капіталу і природних ресурсів, огляд яких ми зробили в нашій попередній статті [18].

Рубіж останньої чверті двадцятого сторіччя був відзначений тим, що неокласична економічна теорія того часу (їй відповідає термін “неокласична економіка довкілля”) починає обґрунтовувати *екстерналізацію* (засвоювання) так званих “зовнішніх інвайронментальних вартостей”. В цій же час західна економіка природних ресурсів, яка відрізняється своєю предметною галуззю, як від “неокласичної економіки довкілля”, так і від “екологічної економіки” (дві останні, у свою чергу, різняться між собою), приймає концепцію сталого виробітку природних ресурсів (*sustainable yield* – англ.) в екологічних системах [21]. Закладені в 70-90 рр. минулого сторіччя Р. Солоу і рядом інших авторів [22, 16, 17, 19] методологічні підвалини дозволяють зробити висновок, що концепція соціально-економічної сталості переважно має базуватися на теорії капіталу – економічній категорії, що виражає суспільно-виробничі

відношення певного способу виробництва (економічної активності) і такої вартості, котра первинно існує, створюється і самозростає у процесі виробництва (економічної активності). Із цього визначення випливає дещо інша дефініція капіталу, зроблена “екологічними економістами”, яку ми наводимо без додаткових посилань – *це існуюча сукупність умов, ресурсів, засобів і предметів праці, яка розглядається у якості джерела, що забезпечує рух товарів та послуг у майбутнє*. Це визначення є принциповим для поняття сталого розвитку, для якого найбільш важливим є те, яка саме частина асортиментного складу кругообігу капіталу є штучною, а яка – природною. Можна припустити, що різниця між ними і обумовлює різницю між штучним та природним капіталом, подібно до того як визначається різниця за характером обороту між *основним* та *оборотним капіталом*, або різниця у вартості між *постійним* та *змінним капіталом*. Наприклад, популяції дерев або риб щорічно генерують своє відновлення, і це забезпечує рух вказаних популяцій у майбутнє, який за певних обставин може бути або сталим або ні. Якраз сталий рух популяцій можна розглядати як “природний прибуток”, а популяційні генерації, що за певних обставин мають місце і забезпечують такий сталий рух, і будуть “природним капіталом”. Тобто з точки зору суґубо економічної категорії можна визначити *природний капітал* як *міру втіленої в природному довкіллі здатності приносити дохід (економічний прибуток)*. Оскільки, за деякими авторами, поняття прибутку має безумовно включати поняття сталості [23], то і вказаний “природний прибуток” має бути сталим.

Тому, будь-яке споживання, що сприяє зменшенню природного капіталу (“проїдання основного капіталу”), буде споживанням, що виходить за межі “природного прибутку”. У будь-якому разі, це відноситься до *поновлюваного* або *активного природного капіталу* (ППК). Оскільки *пасивний природний капітал*, що не поновлюється (НПК), зменшується, за визначенням, у процесі свого використання, єдиний логічний шлях до того, щоб зберігати

незмінним “природний прибуток” - це утримувати постійним загальний обсяг обох типів природного капіталу – так званий *сумарний природний капітал (СПК)*. Себто $СПК = ППК + НПК$, і зрозуміло, що треба припускати необхідність реінвестицій витраченого *НПК* в *ППК*. Введення таких дефініцій – це важливий крок до формалізації екологічного виміру сталого розвитку на підставі міждисциплінарного підходу, оскільки згідно формулюванню класиків екологічної економіки мінімальна необхідна умова сталості може бути досягнута засобом збереження природного капіталу [24].

Процедури формалізації екологічного виміру сталого розвитку. В основу цих процедур доцільно покласти згадану вище концепцію “екстерналізації”, що впроваджує теоретичні підвалини економічної науки, яка забезпечує реалізацію адекватної екологічної політики. Квінтесенцію екстерналізації без додаткових численних посилань можна подати наступним чином. За відсутності “зелених податків” або будь-яких інших засобів контролю забруднення довкілля кожна компанія-виробник в умовах ринкової економіки буде намагатися виробити стільки “приватних товарів” (*private goods* – англ.; будь-яких продуктів праці, які задовольняють певні потреби суспільства) щоб їх *гранична приватна вартість* дорівнювала *граничному приватному прибутку* даного виробництва. Зовнішні наслідки цього виробництва – неминуче забруднення “публічних товарів” (*public goods* – англ.): повітря, ґрунтів, поверхневих вод, негативний вплив на екосистеми – компанією-виробником до уваги не приймаються. Однак, із точки зору суспільства, яка приймає до уваги як суспільну користь даних товарів, так й наслідки їх виробництва через відповідне забруднення довкілля, кращий рівень виробництва має відповідати *граничному соціальному прибутку*, який *дорівнює граничній соціальній вартості виробництва*. Саме остання обраховує негативні наслідки для суспільства через забруднення. Формалізовано екстерналізацію можна подати наступним чином і роздягати це як першу процедуру формалізованого подання екологічного виміру, для чого ми

використовуємо загальноприйняті позначення:

$$U=U(X, Q) \quad (1), \quad X=X(K, E, Q) \quad (2),$$

$$Q=Q(E) \quad (3).$$

Знаки приватних похідних по величинах із (1-3) припускаються наступними: $U_X > 0$, $U_Q < 0$, $X_K > 0$, $X_E > 0$, $X_Q < 0$, та $Q_E > 0$. У виразах U це корисність даного виробництва (вираз (1)) для пересіченого споживача, яка залежить від вектора споживання вироблених товарів (X) і рівня забруднення (Q). Рівень забруднення визначається викидами шкідливих газів, стічних вод і твердих відходів (E), які мають місце за рівнем виробництва X , як це впливає з (2). Взагалі вираз (2) фактично описує повну функцію виробництва, включаючи змінну K – капіталу (людського, штучного і природного), обсяг відходів (E) у довкілля як у “природний приймач”, що обумовлюють рівень забруднення (Q). Таким чином, рівень відходів розглядається просто одним з факторів виробництва, і саме це забезпечує екстерналізацію. Зменшення (E) у короточасній перспективі матиме своїм наслідком зменшення рівня виробництва (X). Зрозумілим чином, стилізована функція виробництва (2) включає рівень забруднення (Q), оскільки останнє може мати згубний вплив на виробництво або супроводжувати його навіть не корисністю, а шкодою для споживачів. Рівень забруднення є сам по собі функціональним вектором обсягу відходів.

Вимірювання граничної соціальної вартості виробництва в грошових одиницях для того, щоб встановити оптимальний (або ефективний) рівень U є важливим завданням економіки довкілля.

Фактично вирішення такої задачі є частковим прикладом формалізації інвайронментального виміру сталого розвитку на підставі міждисциплінарного підходу, недаремно наведений приклад формалізації екстерналізації методично є дуже близьким до цієї, так би мовити, глобальної задачі. Це стане зрозумілим із подальших міркувань.

Замість стилізованого опису з (1-3) “функцію виробництва Коба-Дугласа” (ФВКД), яка подає багатоваріативний зв’язок між матеріально-технічним забезпеченням виробництва і обсягом товарів та послуг, які будуть вироблені на підставі цього, можна записати повноформатно [25]

із введенням у макроекономічну залежність змінної *природних ресурсів* (фактори капіталу у виразі (4) прописані нами):

$$OB = K_{\text{шт}}^a \cdot PP^b \cdot PC^c, \quad \text{із } a > b > c > 0 \text{ і } a + b + c = 1, \quad (4)$$

де *OB* – обсяг виробництва, *K_{шт}* – капітал (фактор штучного капіталу), *PP* – природні ресурси (фактор довкілля або фактор природного капіталу), *PC* – робоча сила (фактор людського капіталу), *a*, *b*, *c* – константи, що враховують фактор технології відповідно кожної змінної. На підставі аналізу запису (4) можна довести, що для адекватної заміни *K_{шт}* → *PP* константа *a* має бути чотири рази більше за *b*. Кінець кінцем доводиться, що навіть за умовами відсутності технологічного прогресу зменшення постачання природних ресурсів не повинне чинити проблем для сталого розвитку через можливість підстановки *K_{шт}* (штучний капітал) → *PP*. При цьому виробництво може не тільки підтримуватися на попередньому рівні, а навіть зростати.

На підставі нашої попередньої статті [18] та інших робіт, на які ми посилаємося в трьох останніх рубриках статті, можна зробити наступні припущення. Доцільно формалізувати на підставі виразу (4) рух капіталу за вказаною умовою, яка практично є зворотною підстановкою: *PP* → *K_{шт}*. Тобто визнається, що капітал може єдино бути вироблений із природних ресурсів, а фактор довкілля треба розглядати в будь-якій функції виробництва, де присутня будь-яка категорія капіталу – основний і оборотний, постійний і змінний, промисловий і продуктивний. Це формалізовано можна подати як:

$$K_{\text{промисл}} = K_{\text{шт}}^{a'} \cdot PP^{b'} \cdot PC^{c'}, \quad \text{із}$$

$$a' > b' > c' > 0 \text{ і } a' + b' + c' = 1, \quad (5)$$

де *K_{промисл}* – промисловий капітал, що є змінною *K* із (2); *K_{шт}* – капітал (фактор штучного капіталу), *PP* – природні ресурси (фактор довкілля або фактор природного капіталу), *PC* – робоча сила (фактор

людського капіталу), *a'*, *b'*, *c'* – константи, похідні від констант із (4), які враховують фактор технології відповідно кожної змінної у виразі (5). Можна стверджувати, що запис (5) є варіантом ФВКД, який демонструє як промисловий капітал створюється із штучного, сумарного природного (СПК) і людського капіталу – *K_{людський}*. Тобто, спрощено без констант можна записати:

$$K_{\text{промисл}} = K_{\text{шт}} \cdot \text{СПК} \cdot K_{\text{людський}}. \quad (6)$$

За умовою сталого руху промислового капіталу вираз (6) є першим наближенням формалізованого подання трьох вимірів сталого розвитку на підставі міждисциплінарного підходу (див. рис. 2). Для спроби кінцевого формалізованого запису виміру довкілля необхідно зробити наступні перетворення. Підставляючи вираз (5) у вираз (4), отримуємо:

$$OB = K_{\text{шт}}^{a \cdot a'} \cdot PP^{(a \cdot b' + b)} \cdot PC^{(a \cdot c' + c)} \quad (7)$$

Вираз (7) є узагальненою функцією виробництва і відповідає головним характеристикам ФВКД, де змінна капіталу виступає *продуктивним капіталом*, тобто засобом виробництва. Відповідно зроблених нами посилок змінний штучний капітал може на постійному рівні заміщати природні ресурси за умовою, якщо виконується або ні нерівність $a \cdot a' > a \cdot b' + b$, або у рівнозначному записі – виконується або ні нерівність $a(a' - b') > b$. За умовами, параметри *a'* і *b'* є обидва додатними числами і меншими за “1”. Через це $a' - b' < 1$. Згідно всіх міркувань, якщо $a > b$, це не означає виконання $a(a' - b') > b$. Таким чином, хоча параметри *a* і *b* і можуть задовольняти процедурі заміни *K_{шт}* → *PP* в “неокласичній формулі” (4), вони ймовірно не задовольнятимуть подібній дії, коли на підставі (5-7) йдеться про те, що сам промисловий капітал і штучний, зокрема – похідна природних ресурсів. Причому, подальші продуктивні операції з капіталом також потребуватимуть додаткових ресурсів.

Вирішення виразу (5) щодо змінної штучного капіталу і підстановка результату у вираз (4) дає новий варіант ФВКД, яка є функцією лише від змінної природних ресурсів і змінної робочої сили, тобто від факторів *природного капіталу* і *людського*

капіталу. На підставі цих перетворень з'ясовується, що суб'єктивна підстановка $K_{int} \rightarrow PP$ стає дуже проблематичною, і формалізовано доводиться, що сталий соціально-економічний рух є можливим лише за умовою сталого споживання природних ресурсів, які у такому разі виступають сумарним природним капіталом, дефініція якого пояснювалася у статті. Кінцевий формалізований вираз екологічного (інвайронментального) виміру сталого соціально-економічного розвитку після всіх проміжних перетворень має виглядати наступним чином:

$$\begin{aligned} СПК &= PP^{(a \cdot b' / (1-a') + b)} = \\ &= OB / PC^{(a \cdot c' / (1-a') + c)} \end{aligned} \quad (8)$$

Таким чином, можна стверджувати, що в найпростішому варіанті екологічний вимір можна формалізувати через (1-3), а у розвиненому – через (4-8).

Висновки. В статті запроваджений “секторально-концентричний аналіз” загального предмету екології для уточнення застосування щодо цього предмету міждисциплінарного підходу. Таким чином, визначені головні аспекти цього застосування: вивчення комплексних гетерогенних систем, моделювання екологічної складності та інвайронментальної стохастичності, дослідження швидкоплинної динаміки екосистем.

Складові міждисциплінарного підходу в екології методологічно використовуються для визначення категорії екологічного (інвайронментального – за наявності більш розвинених бази даних і бази знань про довкілля) виміру сталого соціально-економічного розвитку суспільства. В рамках сучасної концепції сталого розвитку проаналізовано співвідношення між її трьома вимірами – екологічним, економічним і соціальним.

Обговорені деякі принципи економіки довкілля, зокрема, теорія екстерналізації і поняття природного капіталу. Наведений формальний опис екстерналізації, що є передумовою введення процедур формалізації екологічного виміру сталого розвитку. Математичний апарат останніх полягає в описі тих параметрів відомої функції виробництва, які приймають до уваги штучний, людський та природний капітал, а

також характеристики довготривалої динаміки довкілля, пов'язаної із споживанням екологічних цінностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології. Теорія та практикум. – Київ: Лібра, 2004. – 367 с.
2. Allen T.F.H., Hoekstra T.W. Toward a unified ecology. – New York: Columbia University Press, 1993. – 397 p.
3. Grafton R., Robin L., Wasson R. (editors). Understanding the environment – Bridging the disciplinary divides. – Sydney: UNSW Press, 2005. – 228 p.
4. Tansley A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms // Ecology. – 1935. – Vol. 16. – P. 284-307.
5. Levin S. The problem of pattern and scale in ecology // Ecology. – 1992. – Vol. 73. – P. 1943-1967.
6. Levin S., Grenfell B., Hastings A., Perelson A.S. Mathematical and computational challenges in population biology and ecosystems science // Science. – 1997. – Vol. 275. – P. 334-343.
7. Brown J.H., Gupta V.J., Li B., Milne B.T., Restrepo C., West G.B. 2002. The fractal nature of nature: Power-laws, ecological complexity and biodiversity // Philosophical Transactions: Biological Sciences. – 2002 357: 619-626.
8. May R.M. Stability and complexity in model ecosystems. – Princeton (NJ): Princeton University Press, 2001. – 292 p.
9. Kareiva P., Andersen M. Spatial aspects of species interactions: The wedding of models and experiments // Hastings A., ed. Community Ecology. – New York: Springer Verlag. – 1988. – P. 38-54.
10. Hastings A., Higgins K. Persistence of transients in spatially structured models. – 1994. – Science. – Vol. 263. – P. 1133-1136.
11. Neubert M.G., Caswell H. Alternatives to resilience for measuring the responses of ecological systems to perturbations // Ecology – 1997. – V. 78. P. 653-665.
12. Hastings A. Transients: The key to long-term ecological understanding? // Trends in Ecology and Evolution. – 2004. – Vol. 19. – P. 39-45.
13. Strogatz S.R. Exploring complex networks // Nature – 2001. – V. 410. – P. 268-276.
14. Vasseur D.A., Yodzis P. The colour of environmental noise // Ecology. – 2004. – P. 1146-1152.
15. Kondoh M. Foraging adaptation and the relationship between foodweb complexity and stability // Science. – 2003. – Vol. 299. – P. 1388-1391.
16. Victor P. Pollution Economy and Environment. – Toronto, Ont.: University of Toronto Press, 1972. – 247 p.
17. Pearce, D.W., R. Turner. Economics of Natural Resources and the Environment. New York: Johns Hopkins University Press, 2006 – 392 p.
18. Костріков С.В., Черваньов І.Г. Про деякі екологічні аспекти соціально-економічної концепції сталого розвитку суспільства //

- Социальная экономика – Social Economics. – 2003. – № 1. – С. 126-135.
19. *Costanza R., Cumberland J, Daly H., Goodland R., Norgaard R.* An Introduction to Ecological Economics. FL: St. Lucia's Press, 1997. – 288 p.
20. *Holling C.S.* Resilience and stability of ecological systems // *Annual Review of Ecology and Systematics* – 1973. – Vol. 4. – P. 1-23.
21. *Costanza R.* Ecological economic systems analysis: Order and chaos. – In: E. B. Barbier (Ed.). *Economics and ecology: New frontiers and sustainable development*. - London: Chapman and Hall, 1993. – P. 27-45.
22. *Solow R.M.* The Economics of Resources or the Resources of Economics // *American Economic Review*. – 1974. – Vol. 64. – N 2. – P. 1-14.
23. *Pezzey, J.* Economic analysis of sustainable growth and sustainable development. - In: *Environmental Department Working Paper*. – No 15. – World Bank, Washington, DC. 1989. – P. 103-108.
24. *Constanza R., Daly H.* Natural Capital and Sustainable Development // *Conservation Biology*. – 1992. - Vol.6. – P.37-56.
25. *Klaassen G., Opschoor J.* Economics of sustainability or the sustainability of economics: different paradigms // *Ecological Economics* – 1991. - N.4. – P. 93-115.

УДК 911.10+332.132

КОСТРИКОВ С. В., док. геогр наук

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

К ВОПРОСУ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА

В статье рассматривается возможность формализованного представления экологического измерения в рамках концепции устойчивого развития общества. Для этой цели анализируются некоторые особенности современной экологии как фундаментальной комплексной дисциплины, в частности – существо ее междисциплинарного подхода. Последний используется для определения соотношения между тремя измерениями

устойчивого развития – экологическим, экономическим и социальным. Для уточнения места экологического измерения обсуждаются некоторые вопросы инвайронментальной экономики – концепции экстернализации и природного капитала. Описываются процедуры формализации экологического измерения устойчивого развития.

К л ю ч е в ы е с л о в а: междисциплинарный подход в экологии, концепция устойчивого развития, экологическое и инвайронментальное измерение, многомерность устойчивого развития, процедуры формализации экологического измерения.

UDK 911.10+332.132

S. KOSTRIKOV

V. N. Karazin Kharkiv National University

TOWARDS THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT ECOLOGICAL DIMENSION FORMALIZATION ON THE BASE OF THE INRRERDISCIPLINARY APPROACH

The paper considers the possibility of the sustainable development (SD) ecological dimension formalization within the SD concept frameworks. The review of the existed contemporary ecology and its interdisciplinary approach has been accomplished for this goal. The interrelations among three SD dimensions – ecological, economical and social – have been defined on the base of the interdisciplinary approach. The ecological dimension was discussed with some environmental economics tools – the concept of externalities and the natural capital theory. The ecological dimension formalization procedures have been described with their mathematical tools.

K e y w o r d s: the ecological interdisciplinary approach, the sustainable development concept, ecological and environmental dimension, multidimensions of sustainable development, the ecological dimension formalization procedures

До редакції надійшла 10.10.2008р.