7. ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

Forestry Academy of Sciences of Ukraine

Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

http://fasu.nltu.edu.ua
https://doi.org/10.15421/411916
Article received 2018.10.13
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Lyudmyla Zahvoyska
lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua
103 Gen. Chuprynky, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 338:504:16:001.18

Епістемологічний інструментарій дослідження еколого-економічних систем

Л. Д. Загвойська[1], О. Р. Пелюх[2]

Проаналізовано методологічні обмеження мейнстриму економічної теорії XX ст. у сфері дослідження еколого-економічних систем (ЕЕС) у соціо-екологічному контексті антропоцену. ЕЕС розглянуто на засадах постнекласичної наукової парадигми як органічну і динамічну єдність екологічної та економічної систем, пов'язаних обміном речовини, енергії та інформації, для яких характерна сильна нелінійна взаємодія структурних елементів і колективна (виникаюча, емерджентна) поведінка. Особливу увагу зосереджено на таких особливостях досліджуваних систем, як нелінійність, стохастичність і генераційність, а також на таких особливостях прийняття рішень стосовно управління цими системами, як плюралізм вартостей (цінностей), суб'єктивність оцінок і суджень, контекстуалізм рішень, релевантність неакадемічних знань і партисипативність самого процесу прийняття рішень.

Обґрунтовано напрями трансформування теоретико-методичних підходів до дослідження ЕЕС у межах постнекласичної наукової парадигми для усунення методологічних некоректностей сучасної економічної науки шляхом теоретизування на засадах екологічної економіки і теорії економічної складності, обмеженої раціональності і теорії економічного оцінювання. Аргументовано застосування нових інструментів дослідження еколого-економічних систем, а саме: нексусний підхід, деліберативні методи, імітаційне моделювання (агентне і системно-динамічне), методи оцінювання економічної вартості та ін.

Ключові слова: *еколого-економічні системи; постнекласична наукова парадигма; інструментарій дослідження; синергетичні системи; вартість послуг екосистем; імітаційне моделювання; агентне моделювання; динамічне моделювання.*

[1] *Загвойська Людмила Дмитрівна* – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-050-371-44-29. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0028-4723

[2] *Пелюх Оксана Романівна* – магістр з економіки довкілля і природних ресурсів, аспірант кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-096-748-82-70; E-mail: pelyukh.o@ukr.net ORCID: 0000-0002-1889-3623

Вступ. Наростаюча і до певної міри вже незворотна, зміна характеру і соціально-екологічного контексту людської діяльності, зокрема – економічної, актуалізує зміну домінуючої наукової парадигми і практики природокористування, які спричинилися до виникнення нової геологічної епохи – епохи антропоцену (Crutzen & Stoermer, 2000), прикметною ознакою якої є визначальна роль діяльності людини у перебізі фундаментальних природних процесів: атмосферних, екологічних, геологічних та ін.

У суспільному дискурсі, з огляду на недостатню поінформованість громадськості, ці зміни зазвичай сприймаються як зміни якості довкілля, зокрема: незвичні погодні умови, акумулювання відходів виробництва і споживання, виснаження природних ресурсів, зниження потенціалу екологічних систем, а відповідно – втрата якості та обсягу продукованих ними потоків екосистемних послуг, таких як їжа, вода, безпечне і привабливе середовище та ін. Усе це завдає шкоди людині, задля покращення добробуту якої, в кінцевому підсумку, розпочинається будь-яка діяльність. У науковому дискурсі ці зміни операціоналізуються через систему індикаторів, які описують планетарні межі (Steffen et al., 2015), перетин яких означає, що людство підходить до рубежу, за яким можлива вкрай швидка і незнайома з попереднього досвіду зміна режиму функціонування глобальної екосистеми, яка може бути несприятливою для життєдіяльності людини як біологічної істоти.

Цей дисонанс між намірами – покращити добробут людини – та отриманими результатами – погіршення якості довкілля – визначальної складової добробуту – спонукає філософів науки до переосмислення домінуючої наукової, і, насамперед, економічної парадигми (у трактуванні цього терміна Kuhn (1962), а також її базового поняття – «ефективність економічної діяльності», щоб унеможливити неефективні рішення.

Об'єкти та методика досліджень. *Об'єкт дослідження* – еколого-економічні системи, їх розвиток і адаптація до виникаючих умов. Ці системи на засадах різних дисциплінарних парадигм досліджують T. A. Akimova, O. O. Veklych, I. M. Hrabynskyi, L. S. Hryniv, I. B. Dehtiarova, H. Daly, R. Costanza, O. K. Kuzmenko, K. G. Mäler, M. M. Moiseiev, I. P. Nujina, C. Folke, V. V. Haskin, L. Wainger, O. B. Yudahina та ін. Ми розглядаємо ЕЕС як органічну і динамічну єдність екологічної та економічної систем, пов'язаних обміном речовини, енергії та інформації, для яких характерна сильна нелінійна взаємодія та колективна (виникаюча, емерджентна) поведінка.

Предмет дослідження – теоретико-методологічні положення та науковий інструментарій дослідження ЕЕС.

Мета дослідження полягає у вивченні та обґрунтуванні змін у теоретико-методологічних підходах та епістемологічному інструментарії сучасної економічної науки, які забезпечують управління еколого-економічними системами, адекватне викликам епохи антропоцену.

Методи дослідження – критичний аналіз усталених і виникаючих теоретико-методологічних підходів економічної теорії та інструментарію пізнання досліджуваних систем на засадах цих підходів.

Результати досліджень. На різних етапах суспільного розвитку наука відігравала різну роль і мала різні завдання: від намірів завоювання і підкорення Природи наука переходить до проблем належного врядування (Andrusevych & Golubovska-Onisimova, 2018), адаптивного управління (соціо-екологічними) системами, сприяння їхньому розвитку та ефективному пристосуванню до виникаючих умов. «Факти непевні, цінності дискутуються, ставки високі, а рішення термінові» – так Funtowicz and Ravetz (2003) описують особливості завдань, які постають перед сучасною наукою. У відповідь на ці виклики виникає нова наукова парадигма, трансформується організаційний принцип науки: від пошуку істини, а згодом – оптимуму, сучасна наука переходить до вивчення можливих шляхів вирішення проблем, залучення стейкхолдерів до пошуку консенсусу і пом'якшення конфліктів, зокрема у сфері природокористування.

У новій, синергетичній науковій парадигмі (Stepin, 2003), яка в західній науковій школі отримала назву пост-нормальної науки (*post-normal science*), механіцизм поступається процесуальності та гетерогенності, а редукціонізм – холізму. Неодмінним атрибутом постановки і вирішення проблем є плюралізм вартостей (цінностей), а звідси – суб'єктивність оцінок і суджень, на яких базується прийняття рішень, контекстуалізм рішень, релевантність неакадемічних знань і затребуваність деліберативних методів прийняття рішень (Söderbaum, 2000; Rauschmayer & Wittmer, 2006).

Ігнорування цих викликів управлінню соціальними і біофізичними системами, характерне для домінуючої наукової парадигми, вже призвело до соціо-екологічної загрози на тлі інтелектуального тріумфу (Funtowicz & Ravetz, 2003). Тож у відповідь на ці виклики пізнання та належного врядування, синергетична наукова парадигма, яка органічно пов'язує епістемологію та управління, постулює складність *(complexity),* еволюційність *(evolutionism)* і невизначеність *(uncertainty)* досліджуваних систем, відтак – плюралізм цінностей *(value loading)* і множинність правомірних перспектив і підходів *(legitimae perspectives)* до постановки та вирішення проблем. На зміну Декартівському трактуванню людини як майстра і володаря Природи, а відтак її утилітарному використанню, приходить розуміння її цінності та унікальності, а тому – обмеженості наукових знань щодо об'єктів реального світу *(*Daly & Farley, 2011, Funtowicz & Ravetz, 1994*)*. Більш коректне трактування природи об'єкта дослідження, як синергетичної системи з притаманною їй багаторівневою структурою, нелінійністю і генераційністю, актуалізує пошук відповідних цим вимогам теоретико-методологічних

підходів, понятійного апарату, міждисциплінарних епістемологічних інструментів, які забезпечували б адекватну ідентифікацію і вирішення проблем.

Особливо актуальними ці виклики є для економічної науки, суб'єкти й об'єкти якої функціонують у новому соціо-екологічному контексті, який економісти-екологи назвали «наповнений світ» (*full world,* Daly & Farley, 2011), а геологи – епохою антропоцену. Звіти, підготовані під егідою ООН, зокрема «Millenium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being» (2005) та його логічне продовження – звіт «Nature's Dangerous Decline "Unprecedented"; Species Extinction Rates "Accelerating"» (2019), а також щорічні огляди ризиків Global Risks Report, які готує Світовий Економічний Форум, подають системні описи цих змін. Зокрема, у щойно оприлюдненому звіті Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019) зазначено, що для задоволення потреб людства в їжі та енергії людина з небаченою досі силою і наростаючим завзяттям руйнує свій життєвий простір, своє природне довкілля. Експоненційний характер цих змін став ще очевиднішим за останні 50 років: із 1970 р. чисельність населення світу зросла вдвічі, а глобальна економіка – вчетверо, тоді як потуга глобальної екосистеми тане на очах: з 1992 р. площа міст подвоїлась; упродовж 20 років (із 1980 до 2000 року) 100 млн га тропічних лісів було знищено; деградація ґрунтів знизила продуктивність суші на 23%; третину запасів риби у 2015 р. було отримано з невідновних джерел; кількість природних екосистем у світі знизилася в середньому на 47%, а близько 25% видів тварин і рослин сьогодні зазнають загрози зникнення.

Однак, у контексті домінуючої наукової парадигми, де науковий пошук обмежується дисциплінарними дослідженнями, втрата цієї життєдайної павутинки різних форм життя на Землі не знаходить відображення в проблематиці економічної теорії, яка є свого роду філософією господарювання. Цю проблему порушує екологічна економіка, яка формується в мейнстримі постнекласичної, синергетичної наукової парадигми як «трансдисциплінарний *науковий напрям,* який інтегрує закони економіки, екології, біології, термодинаміки, етики, інших природничих та соціальних наук з метою запровадження екологічно, економічно і соціально ефективного способу господарювання» (Tunytsya, 2006, Tunytsya & Boguslaev, 2014).

Екологічна економіка розглядає економічну систему в нерозривній єдності з екологічною, оскільки екосистеми забезпечують та уможливлюють економічну діяльність – надають умови й ресурси для її здійснення, приймають усі її виходи. Ця взаємозалежність відображена в ієрархії аналізованих систем: економічна система є підсистемою глобальної екосистеми, що принципово важливо для розуміння парадигми екологічної економіки. Соціальна підсистема регулює взаємодію обох систем, використовуючи відповідні інститути, механізми та інструменти (Daly & Farley, 2011, Farley, Erickson, & Daly, 2005, Zahvoyska, 2011, Mishenin & Yarova, 2014). Тому зрозуміло, що економічне зростання – фетиш економічної діяльності – об'єктивно обмежене потугою глобальної екосистеми. Саме таке трактування взаємозалежності екологічної та економічної систем дає змогу інтерналізувати екстерналії, формувати холістичні, системні рішення проблем природокористування на засадах сталого розвитку, уникати квазі-рішень у вирішенні найважливішого питання економічної науки – розміщення ресурсів *(resource allocation)*, оскільки такі рішення спричиняють втрату ресурсів обох підсистем і, лише на певний час, створюють ілюзію вирішення проблеми.

Продовжуючи огляд методологічних положень, принципово важливих для дослідження ЕЕС, згадаємо про властивість складності, притаманну обом аналізованим підсистемам. У термінах теорії економічної складності *(complexity economics*) економіку розглядають як нерівноважну систему одночасних дій із масовим паралелізмом (Arthur, 2014), для якої стан рівноваги – це лише один із множини можливих. Економічні агенти (виробники, споживачі, інвестори, кредитори, політики) постійно змінюють свою поведінку під впливом взаємодії з іншими агентами та середовищем, які своєю чергою змінюються внаслідок діяльності цих агентів та її впливу на середовище. Тобто економіку треба розглядати як рекурсивну, стохастичну і динамічну систему агентів, інститутів та інституцій, напрацьованих ними механізмів регулювання та інновацій, які знаходяться у постійному відтворенні, адаптації та розвитку. Тому вирішення проблеми у контексті теорії економічної складності розглядають вже не як пошук оптимального рішення для системи математичних співвідношень, а як ланцюжок взаємозумовлених рекурсивних змін: трансформації наявних або формування нових агентів, шаблонів їх поведінки *(patterns)*, а також самого середовища, який призводить до бажаного результату.

Постулювання економіки як нелінійної динамічної стохастичної системи, яка постійно самовідтворюється, розвивається й адаптується до виникаючих умов шляхом взаємодії економічних агентів між собою та з середовищем, створює підґрунтя для вивчення причин і механізмів виникнення, розвитку чи згасання економічних процесів, зокрема, поширення інновацій, передбачення та запобігання кризовим явищам, як наприклад, кризи банківської системи чи надмірна експлуатація природних ресурсів. Натомість стандартна економічна теорія (теорія рівноваги), за визначенням, обґрунтовує відсутність в економічних агентів стимулів відхилення від рівноважного стану, що, зрештою, робить маловажливим урахування часу в економічних процесах, а відтак – обмежує можливість передбачення їхньої динаміки. Кризові явища в економічних системах країн із перехідною економікою, фінансові кризи 2008 р. у країнах із розвиненою ринковою економікою підтвердили методологічну обмеженість теоретизування і прогнозування на засадах економіки рівноваги. Тож

друга (після алокації ресурсів) задача економічної науки – пояснення причин виникнення структурних змін і поширення інновацій в економіці, ролі інститутів і механізмів у цих процесах – саме в рамках теорії економічної складності отримує методологічне обґрунтування та інструментарій дослідження, адекватний природі досліджуваних процесів (Arthur, 2014, Fontana, 2010).

Ще одна важлива проблема економічної теорії, над вирішенням якої працюють екологічна економіка та економіка довкілля – *оцінювання вартості* суспільних благ, наприклад – послуг екологічних систем (Kumar, 2012). Редукціонізм економічної науки сприяв пріоритезації ролі ринку як ефективного регулятора економічної діяльності, зокрема й природокористування. Однак у соціоекологічному контексті епохи антропоцену очевидною стає неефективність цього інституту, адже досліджуючи ЕЕС, економісти зосереджуються на економічних аспектах і використовують економічні методи та інструменти, необґрунтовано залишаючи поза увагою ефекти емерджентності, притаманні цим системам. І хоча грошові оцінки незамінні в аналізі витрат і вигід (Sartori, Catalano, Genco, Pancotti, Sirtori, Vignetti, & Bo, 2014, Zahvoyska & Shvediuk, 2016), підміна цінності суспільних благ їхніми грошовими оцінками призводить до нетривіальної втрати інформації, а відтак – до неефективної алокації ресурсів та ігнорування інтересів майбутніх поколінь (Vatn & Bromley, 1994).

За оцінками експертів KPMG and Trucost (KPMG, 2012), вартість негативних впливів на довкілля, які не враховані у фінансових звітах компаній (зокрема, викиди парникових газів, утворення відходів, руйнування екосистем та ін.), у 2010 р. становила 41 цент на долар заробітку (EBITDA). Більше того, обсяги цих зовнішніх довкільних витрат, за оцінками аналітиків, подвоюються кожні 14 років. Тому сьогодні для прийняття рішень щодо ефективності природокористування економісти-енвайроменталісти пропонують використовувати грошові оцінки, в основі яких лежить концепція *загальної економічної вартості (total economic value),* яку запропонував J. Krutilla (1967). Загальна економічна вартість враховує споживчу вартість, а також вартість використання без споживання: вартість існування і вартість спадщини (Kumar, 2012). Такий підхід, хоча і не долає методологічну неспроможність методу ринкових цін, однак робить спроби подолати нечутливість ринку до втрати природного капіталу. Екологічна економіка, яка створила підґрунтя для формування нової наукової парадигми (Funtowicz & Ravetz, 2003), пропонує для оцінювання економічної вартості та ефективності застосувати методологічні підходи політичних наук, що дозволяє розширити контекст оцінювання ефективності, долаючи обмеженість перспективи ринкових оцінок.

Для розуміння еколого-економічних систем важливий ще один аспект: роль суспільних інститутів. Як уже згадувалося, вона відображена в базовій (доаналітичній) моделі екологічної економіки (Farley et al., 2005). Класична інституціональна економіка доводить, що індивідуум формується суспільними інститутами, цінностями, нормами і поведінковими моделями, і, водночас, цей індивідуум формує і розвиває їх під впливом виникаючих обставин. Вибір і можливості одного індивідуума залежать від рішень інших. Проте мейнстрим сучасної економічної думки не дає інструментарію для дослідження цих взаємопов'язаних, паралельних процесів.

Економісти-інституціоналісти вказують на ще одну методологічну некоректність домінуючої економічної теорії. Вони доводять, що припущення неокласичної економічної теорії щодо принципу *максимізації* корисності, яку отримує індивідуум від прийняття певних рішень і вибору відповідної моделі поведінки, не описує всього спектра відносин: адже хоча індивідуум керується власною вигодою (людина економічна), для нього важлива вигода спільноти, громади чи суспільства (людина як громадянин) (Vatn, 2009).

Поведінкова економіка доводить методологічну обмеженість згаданого принципу максимізації особистої вигоди, використовуючи інші аргументи. Неокласична економіка постулює, що (1) цілі і мотивації апріорі задані функцією корисності, що дозволяє індивідууму робити обґрунтований вибір і (2) із можливих альтернатив індивідуум вибирає ту, яка максимізує очікуване значення цієї функції (Savage, 1954). Розглядаючи ці строгі припущення у контексті реальної поведінки економічних агентів, Simon (1997) доводить, що хоча ці зручні припущення дали змогу розробити і побудували дуже багату економічну теорію та математичні моделі, проте вони можуть не відповідати практиці економічного вибору. Для усунення цієї методологічної некоректності він вводить поняття «обмеженої раціональності» *(bounded rationality),* що дозволяє врахувати відсутність повної та узгодженої функції корисності для впорядкування всіх можливих виборів, здатність людини генерувати лише маленьку частину можливих альтернативних рішень та її нездатність призначити логічно узгоджені і реалістичні ймовірності для невизначених майбутніх подій (Simon, 1997, p. 279).

Отже, для врахування природи еколого-економічних систем та усунення окреслених нами методологічних некоректностей некласичної економічної науки потрібен інструментарій дослідження ЕЕС, який відповідав би синергетичній природі досліджуваних систем, враховував їхню нелінійність, еволюційність і стохастичність, обмежену раціональність у прийнятті рішень і зміщення компасу вартостей до ринкових оцінок.

Одним із таких інструментів є *нексусний підхід (the nexus approach),* який дає змогу цілісно охопити виникаючі виклики, синергії і конфлікти інтересів, а відтак ідентифікувати і пропонувати взаємовигідні компроміси, розробляти заходи для вирішення проблеми на засадах сталості. Оксфордський словник визначає нексус як (1) поєднання або низку поєднань, які пов'язують дві або біль-

ше речей і (2) як центральне питання, фокус дослідження (Nexus, 2019). У контексті дослідження ЕЕС нексус-підхід стає ефективним інструментом аналізу міждисциплінарних аспектів дослідження з урахуванням їхньої взаємозалежності, взаємодії та рівноважливості.

В інструментальному трактуванні нексус можемо розглядати як засіб візуалізації багатогранності сучасних проблем реального світу, свого роду інтерактивну карту аспектів досліджуваної проблеми, переплетення синергій і конфліктів її різноманітних аспектів. Теоретизування в контексті нексус-перспективи за самою своєю природою, імпліцитно, відповідає засадничим положенням постнекласичної науки і суттєво збагачує інструментарій наукового дослідження. Прикладами застосувань цього підходу є нексус водної, енергетичної та продовольчої безпеки (Hoff, 2011), нексус довкільного відбитку (KPMG, 2012), нексус для міського планування на засадах екологічної економіки (Costanza & Kubiszewski, 2016), нексус викликів сталому розвитку (Zahvoyska, 2016) та ін.

Важливу роль у формуванні інструментарію постнекласичних досліджень відіграє проникнення теорії складності у дисциплінарні парадигми, становлення біології як строгої науки, а також розвиток обчислювальної техніки і комп'ютерних технологій (Costanza, Wainger, Folke, & Mäler, 1993). Їх поступ уможливив широке застосування *імітаційного моделювання* як міждисциплінарного інструменту дослідження систем різної природи, і, зокрема, еколого-економічних. Імітаційне моделювання *(simulation),* яке визначають як заміну досліджуваної системи її адекватним віртуальним аналогом (алгоритмом), сьогодні успішно застосовують для дослідження поведінки систем різної природи, а також для оцінювання ефективності різних способів управління цими системами. Цілями імітаційного моделювання ЕЕС систем можуть бути: дослідження границь і структур систем для вирішення конкретних проблем; виявлення та аналіз критичних елементів і точок у досліджуваних системах і процесах; синтез та оцінка запропонованих рішень; прогнозування і планування розвитку досліджуваних систем. Імітаційне моделювання не дає оптимальних рішень, але відповідає на запитання «Що дасть реалізація певної стратегії?». Відтак для порівняно простих систем, не пов'язаних із високою невизначеністю та множиною цінностей, аналіз результатів запровадження різних стратегій дозволяє визначити оптимальне рішення (Pelyukh, Fabrika, Kucbel, Valent, & Zahvoyska, 2018).

Різновидом імітаційного моделювання є *агентне моделювання (agent-based modeling)*, творцем якого є Schelling (1978). Агентні моделі описують поведінку системи (макрорівень) як емерджентний феномен, котрий виникає внаслідок взаємодії множини незалежних елементів – агентів – на мікрорівні, кожен із яких має власну динамічну і гетерогенну поведінку (Lomnicki, 1992). Дослідження цієї рекурсивної взаємодії агентів між собою та із середовищем їхнього функціонування, яке виконується з допомогою відповідних програмних засобів (Railsback & Grimm, 2019; Karpov, 2009), дає змогу відтворювати та аналізувати процеси виникнення, розвитку / пристосування / занепаду ЕЕС на засадах постнекласичної наукової парадигми (Gilbert & Troitzsch, 2005, Zahvoyska, 2013). Комп'ютерне моделювання дає змогу виявити можливі атрактори і шляхи до їх встановлення або зникнення.

Ще один різновид імітаційного моделювання, який сьогодні набув широкого застосування і визнання – *підхід системної динаміки*, який розробив Дж. Форрестер у 1950-х роках XX сторіччя. Його учні Донелла та Деніс Медоузи застосували цей підхід для моделювання глобальних тенденцій суспільного розвитку, зокрема світової економіки і динаміки чисельності населення світу з урахуванням обмеженості і вичерпності ресурсів планети – модель World.

Моделі цього класу, як правило, розглядають макроскопічний рівень економічних чи соціальних систем і використовують для цього лише одного агента з порівняно невисоким рівнем складності структури. Перевага методів системної динаміки полягає в можливості опису структури досліджуваної системи з урахуванням її синергетичної природи, насамперед – посилюючих і балансуючих зворотних зв'язків, що дає змогу дослідити траєкторії розвитку системи і час, необхідний для руйнування існуючого рівноважного стану і формування нового. Обмеженням підходу є його принципова неадаптивність – рівняння і зворотні зв'язки в моделях системної динаміки є структурними, їх задають ще на етапі постановки задачі, тож можливість виникнення нових елементів значною мірою контролюється варіацією значень параметрів моделі.

Для відображення та моделювання аналізованих систем використовують причинно-наслідкові та потокові діаграми. Причинно-наслідкові діаграми – головний інструмент дослідження системної динаміки. Ці діаграми використовують як замінники диференціальних рівнянь, а також як засоби візуалізації елементів системи та їхніх взаємозв'язків. Причинно-наслідкові діаграми використовують для якісного аналізу процесів і систем, візуалізації досліджуваної проблеми, а також для того, щоб ідентифікувати проблемні місця, сформулювати теми для подальшого дослідження, виявити сфери ризику та невизначеності (Stave & Kopainsky, 2015). Потокові діаграми використовують для кількісного аналізу. Їх формують на базі диференціальних рівнянь, які описують зміни потоків і запасів, а тому вони можуть бути використані для аналізу характеру змін у системах за різних початкових даних, а також для пошуку оптимальних рішень (Sterman, 2000, Karpov, 2009, Fedoruk & Zahvoyska, 2018).

Важливо підкреслити, що обидва згадані підходи імітаційного моделювання привносять нові можливості для наукових досліджень, зокрема – для розроблення, формалізації та перевірки нових тео-

рій: комп'ютерні експерименти і попередній аналіз даних дають змогу розробляти нові теорії, формалізувати їх, перевіряючи за допомогою чітких (експліцитних) правил побудови (ментальних) моделей, а також перевіряти ці теорії, експериментуючи з моделлю (Gilbert & Troitsch, 2005). Цей підхід поєднує в собі індукцію і дедукцію, сильні сторони людського і штучного інтелекту, надаючи можливості, яких не мали попередні методи аналізу, для дослідження складних і динамічних за своєю природою систем. Сьогодні вже напрацьовано чимало моделей: нормативних і позитивних, описових та абстрактних, у різних галузях знань, які підтверджують ефективність цього епістемологічного інструментарію.

Розглядаючи інструментарій дослідження ЕЕС, згадаємо також про посилення ролі методів аналізу *якісних даних* (результатів порівняння, преференцій, бальних оцінок та інших некількісних за своєю природою змінних), які тепер вигідно доповнюють методи аналізу кількісних даних. Методи аналізу мережі стейкхолдерів, аналітичної класифікації їхніх інтересів і позицій, непараметричної статистики, Q-аналіз, когнітивні карти уподобань – ці та інші методи коректно враховують походження інформації, її природу і дозволяють генерувати холістичні й ефективні рішення, які враховують плюралізм вартостей (цінностей), привнесений стейкхолдерами досліджуваного процесу (Nijnik, Miller, & Nijnik, 2013, Pelyukh, Zahvoyska, & Maksymiv, 2018, Pelyukh, Paletto, & Zahvoyska, 2019, Pelyukh, Paletto, & Zahvoyska, in press).

Висока суб'єктивність оцінок і суперечливість інтересів зацікавлених сторін, посилена важливістю і контекстуальністю аналізованих проблем, потребує залучення громадськості до процесу прийняття рішень шляхом використання так званих партисипативних підходів, які реалізують діалог між політиками та громадськістю, а також між самими громадянами, використовуючи для цього так звані *деліберативні методи (deliberative methods).* Особливістю цих методів є спільне обговорення досліджуваних проблем, альтернативних рішень і критеріїв оцінювання їхньої ефективності. Низка авторів (Fiorino, 1990, Stirling, 2006, Rauschmayer & Wittmer, 2006) вказують на три аспекти вигоди від застосування цих методів: нормативну – в демократичному суспільстві громадяни беруть участь у вирішенні суспільних проблем; інструментальну – спільне формування вироблення рішень, особливо – непопулярних; а також предметно-змістову, оскільки спільна ідентифікація і вивчення проблеми сприяють глибшому розумінню самої проблеми та різноманіття інтересів / конфліктів її стейкхолдерів.

Найпоширенішими методами залучення зацікавлених сторін є методи опосередкованого моделювання *(mediated modelling),* метод спільно напрацьованого дискурсу *(cooperative discourse),* консенсусна конференція *(consensus conference),* партисипативні багатокритеріальні методи *(multi criteria method)* та ін., порівняльний аналіз яких подають Wittmer, Rauschmayer, & Klauer (2006), послуговуючись чотирма критеріями: якість інформаційного менеджменту, легітимність, соціальна динаміка і витратність застосування методів. Ці методи сприяють обміну знаннями між академічним і неакадемічним світом, а відтак – глибшому розумінню самої проблеми в її локальному і глобальному вимірах, системному охопленню різноманіття інтересів її стейкхолдерів, налагодженню діалогу і співпраці зацікавлених сторін.

У сучасному інструментарії дослідження ЕЕС важливу роль відіграють методи оцінювання економічної вартості неринкових вигід і витрат. Школою економіки довкілля розроблена ціла низка софістичних методів оцінювання економічної вартості, зокрема метод умовного оцінювання, експерименту з вибором, витрат на подорож, гедонічного ціноутворення та ін. (Kumar, 2012, Zahvoyska & Shvediuk, 2016, Pelyukh, & Zahvoyska, 2018), які мають уже певний досвід застосування у прийнятті інвестиційних рішень. Ці методи застосовують для інтерналізації зовнішніх ефектів, ігнорування яких призводить до суттєвого спотворення сигналів ринку, а відповідно, до неекономічного зростання *(uneconomic growth)* і неефективних рішень на всіх рівнях управління економічними системами (Daly & Farley, 2011). Приклади застосування цих інструментів визначення економічної вартості у прийнятті інвестиційних рішень, наведені в працях (Sartori et al., 2014, Gregersen, Arnold & Lundgren, 1995), переконливо засвідчують обмеженість і невідповідність ринкових оцінок економічним вартостям. До прикладу, за результатами наших досліджень, еколого-економічна оцінка ефективності лісовідновлення на лісогосподарських підприємствах Малого Полісся, отримана з урахуванням лише окремих елементів загальної економічної вартості – вартості прямого і непрямого використання та вартості спадщини – суттєво відрізняється від комерційної оцінки. Зокрема, чиста теперішня вартість цих заходів за результатами економічного оцінювання вища від ринкової у 25 разів; внутрішня норма дохідності зросла від 3,38 до 55,82 %; а індекс прибутковості збільшився від 1,41 до 2,90; зрозуміло, що значно скоротився термін окупності витрат – від 80 до 5 років (Zahvoyska & Shvediuk, 2016).

Критичній оцінці піддається доцільність надмірної *математизації* економічної теорії, яка розпочалася ще в епоху зрілості математики (XIX ст.), на тлі загальної математизації науки. В її підґрунті – дві гіпотези, які сформулював швейцарський економіст і математик Л. Вальрас, основоположник сучасного макроекономічного моделювання: (1) індивід максимізує отриману корисність і (2) на кожному ринку встановлюється рівновага між попитом і пропозицією. Проте ці надто жорсткі умови, які отримали назву «гамівної сорочки» для економічних процесів, обмежують економічний аналіз неперервними функціями, диференціальними рівняннями, невиродженими областями прийняття рішень, що дозволяє отримувати статичні оптимальні рішення. У постнекласичній економіці ця витончена матема-

тика і надто сильні припущення послаблюються, що дозволяє перейти до дискретних функцій, комбінаторної логіки та алгоритмічного мислення (Arthur, 2014). Крім того, враховуються взаємодії між індивідуумами, що важливо для аналізу і прогнозування атракторів розвитку ЕЕС у сучасному соціоекологічному контексті.

Висновки. Входження в нову геологічну епоху – епоху антропоцену – стверджується виникненням проблем, незнайомих із попереднього досвіду: глобальних, винятково важливих і невідкладних. Для їх розуміння і вирішення необхідна зміна наукової картини світу і системи цінностей, а відтак – фундаментальних теоретико-методологічних положень і постулатів, які уможливили виникнення цих проблем. Нові методологічні підходи в науці відображають розуміння того факту, що висока невизначеність і непізнаність досліджуваних явищ і процесів, суб'єктивність оцінок і цінностей, множинність обґрунтованих перспектив вирішення стали невід'ємним атрибутом сучасних досліджень проблем реального світу.

Ще цікавіші тенденції маємо в методології дослідження ЕЕС, оскільки вони синтезують складність обох підсистем. Взаємозалежність і взаємозумовленість явищ і процесів, які відбуваються в обох підсистемах, вимагає цілісного еволюційного підходу до їх ідентифікації, аналізу і вирішення, виходу за межі дисциплінарних досліджень, а також застосування неакадемічних знань, урахування етичних міркувань. Перехід до синергетичної парадигми дає відповідне природі цих проблем теоретико-методологічне підґрунтя та інструментарій постановки, аналізування та пошуку шляхів їх вирішення.

Зміна наукової парадигми реалізується через зміну інструментарію досліджень, які ведуться в царині ЕЕС. Застосування холістичних підходів і методів ідентифікації проблеми, деліберативних методів її постановки, імітаційного (багатоагентного і системно-динамічного) моделювання для розуміння причин і рушіїв виникнення проблеми, а також багатокритеріального моделювання для пошуку рішень на засадах сталого розвитку дасть змогу уникнути так званих помилок третього роду (у термінології математичної статистики), коли непереконливі аргументи і непевні дані призводять до помилкових, неадекватних результатів. Саме постнекласична наука, її епістемологічний інструментарій може зробити економічний аналіз невід'ємним і надійним інструментом політичного діалогу та економічної практики на засадах сталого розвитку.

Бібліографічні посилання

Andrusevych, N., & Golubovska-Onisimova, G. (2018). *Good Environmental Governance in Ukraine: Compliance with European Principles.* Kyiv: VEGO «MAMA-86». Analytical report. (in Ukrainian). Retrieved from https://mama-86.org/images/publications/lux/Analytics2.pdf

Arthur, W. B. (2014). *Complexity and the Economy*. Oxford: Oxford University Press.

Costanza, R., & Kubiszewski, I. (2016). A Nexus Approach to Urban and Regional Planning Using the Four-Capital Framework of Ecological Economics. In H. Hettiarachchi & R. Ardakanian (Eds.), *Environmental Resource Management and the Nexus Approach. Managing Water, Soil, and Waste in the Context of Global Change (*pp. 79-111). Cham: Springer.

Costanza, R., Wainger, L., Folke, C., & Mäler, K. G. (1993). Modeling complex ecological economic systems: toward an evolutionary, dynamic understanding of people and nature. *BioScience*, *43* (8), 545-555.

Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *Global change newsletter, 41,* 17-18. doi: 10.4236/gep.2014.22016

Daly, H. E., & Farley, J. (2011). *Ecological economics: principles and applications*. Washington, DC: Island press.

Farley, J., Erickson, J. D., & Daly, H. E. (2005). *Ecological economics: a workbook for problem-based learning*. Washington, DC: Island Press.

Fedoruk, M., & Zahvoyska, L. (2018). Modeling the process of greening the investments in energy saving in residential and public buildings of cities by using the method of system dynamics. *Journal of European Economy, 17* (3), 333-345.

Fiorino, D. J. (1990). Citizen participation and environmental risk: A survey of institutional mechanisms. *Science, Technology, & Human Values*, *15* (2), 226-243. https://doi.org/10.1177/016224399001500204

Fontana, M. (2010). Can neoclassical economics handle complexity? The fallacy of the oil spot dynamic. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *76* (3), 584-596. doi: 10.1016/j.jebo.2010.08.010

Funtowicz, S., & Ravetz, J. (2003). Post-normal science. International Society for Ecological Economics (Ed.), *Online Encyclopedia of Ecological Economics.* Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/ce91/a2cf9b7e05411fb5b1b9276b9aaf565bffb2.pdf

Gilbert, N., & Troitzsch, K. (2005). *Simulation for the Social Scientist*. London: McGraw-Hill Education.

Gregersen, H. M., Arnold, J., & Lundgren, A. L. (1995). *Valuing forests: context, issues and guidelines* (Vol. 127). Food & Agriculture Org.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019). *Nature's Dangerous Decline "Unprecedented"; Species Extinction Rates 'Accelerating'*, Media release. Retrieved from https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment

Karpov, Yu. G. (2009). *Simulation of systems*. St. Petersburg: BHV-Peterburg.

KPMG (2012). *Expect the Unexpected: Building Business Value in a Changing World.* Retrieved from

https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2012/02/building-business-value-exec-summary.pdf

Krutilla, J. V. (1967). Conservation reconsidered. *The American Economic Review*, *57* (4), 777-786.

Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions.* Chicago: *Univ. Press, Chicago*.

Kumar, P. (Ed.) (2012). *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. London and Washington: Earthscan.

Lomnicki, A. (2018). Population ecology from the individual perspective. In D. L. DeAngelis & l. Gross. *Individual-based models and approaches in ecology: populations, communities and ecosystems* (pp. 3-17). Chapman and Hall/CRC.

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: General Synthesis Report*. Washington, DC: Island Press.

Mishenin, E., & Yarova, I. (2014). Forestry as a modern paradigm of the forest complex sustainable development. *Proceedings of the Forest Academy of Sciences of Ukraine, 12,* 221-226. (in Ukrainian).

Nexus (2019). *Oxford Livivng Dictionaries.* Retrieved from https://en.oxforddictionaries.com/definition/nexus

Nijnik, M., Miller, D., & Nijnik, A. (2013). Linking Multi-Functional Forestry Goals with Sustainable Development Objectives: A Multi-National Q-Study. *J Settl Spat Plann*, *2*, 185-190.

Pelyukh, O., & Zahvoyska, L. (2018). Investigation of Lviv region population's preferences regarding recreational forests using choice experiment method. *Scientific Bulletin of UNFU 27.7,* 46-52. DOI:10.15421/40280915 (in Ukrainian).

Pelyukh, O., Fabrika, M., Kucbel, S., Valent, P., & Zahvoyska, L. (2018). Modelling of secondary even-aged Norway spruce stands conversion using the tree growth simulator SIBYLA: SE «Rakhiv forestry» case study. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II*, *11* (2), 29-46.

Pelyukh, O., Paletto, A., & Zahvoyska, L. (in press). Comparison between people's perceptions and preferences towards forest stand characteristics in Italy and Ukraine. *Annals of Silvicultural Research.*

Pelyukh, O., Paletto, A., & Zahvoyska, L. (2019). People's attitudes towards deadwood in forest: evidence from the Ukrainian Carpathians. *Journal of Forest Science, 65*, 171-182. https://doi.org/10.17221/144/2018-JFS

Pelyukh, O., Zahvoyska, L., & Maksymiv, L. (2018). Analysis of stakeholders' interaction in the context of secondary Norway spruce stands conversion in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the IUFRO unit 4.05.00 International symposium*, 22-24. Zagreb, Croatia.

Railsback, S. F., & Grimm, V. (2019). *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction*. Princeton: Princeton University Press.

Rauschmayer, F., & Wittmer, H. (2006). Evaluating deliberative and analytical methods for the resolution of environmental conflicts. *Land Use Policy, 23* (1), 108-122. DOI:10.1016/j.landusepol.2004.08.011

Sartori, D., Catalano, G., Genco, M., Pancotti, C., Sirtori, E., Vignetti, S., & Bo, C. (2014). Guide to cost-benefit analysis of investment projects. *Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020.*

Savage, L. J. (1954). *The foundations of statistics*. New York: Wiley.

Schelling, T. (1978). *Micromotives and Macrobehavior*: New York WW Norton & Company.

Simon, H. A. (1997). *Models of bounded rationality: Empirically grounded economic reason* (vol. 3). London: MIT Press.

Söderbaum, P. (2000). *Ecological economics.* London: Earthscan.

Stave, K. A., & Kopainsky, B. (2015). A system dynamics approach for examining mechanisms and pathways of food supply vulnerability. *Journal of Environmental Studies and Sciences, 5* (3), 321-336. doi: 10.1007/s13412-015-0289-x

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ..., & Folke, C. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, *347* (6223), 1259855. doi: 10.1126/science.1259855

Stepin, V. S. (2003). Self-developing systems and post-classical rationality. *Questions of Philosophy, 8,* 16-17. (In Russian).

Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.* Boston : Irwin/McGraw-Hill.

Stirling, A. (2006). Analysis, participation and power: justification and closure in participatory multi-criteria analysis. *Land use policy*, *23* (1), 95-107. doi:10.1016/j.landusepol.2004.08.010

Tunytsya, Yu. (2006). *Eco-economics and market: overcoming of disputies.* Kyiv: Knowledge. *(in Ukrainian).*

Tunytsya, Yu., & Boguslaev, V. (Eds.) (2014). *Forestry Dictionary: Ukrainian, Russian, English*. Lviv: Pyramida. *(in Ukrainian)*.

Vatn, A. (2009). An institutional analysis of methods for environmental appraisal. *Ecological Economics*, *68* (8-9), 2207-2215. doi: 10.1016/j.ecolecon.2009.11.01

Vatn, A., & Bromley, D. W. (1994). Choices without prices without apologies. *Journal of Environmental Economics and Management*, *26* (2), 129-148.

Wittmer, H., Rauschmayer, F., & Klauer, B. (2006). How to select instruments for the resolution of environmental conflicts? *Land Use Policy*, *23* (1), 1-9. doi: 10.1016/j.landusepol.2004.09.003

Zahvoyska L. (2011). Philosophical and economic discourse of the problem «Man-Nature». In: Ye. Khlobystov (Ed.) *Sustainable development and environmental security: theory, methodology, practices* (pp. 12-41). Symferopol: Arial. (in Ukrainian).

Zahvoyska, L. (2013). Theoretical approaches to modeling dynamics of ecological and economic systems. *Modeling of Regional Economics, 2*, 85-102. (in Ukrainian).

Zahvoyska, L. (2016). Eco-innovations in the context of discourse on sustainability: forest clusters of Ukraine. Theoretical approaches and models. In Ye. Khlobystov (Ed.). *Sustainable development - XXI century: management, technology, models. Discussions 2016*. (pp. 271-286). Cherkasy: Publisher Chabanenko Yu., 2016. (in Ukrainian).

Zahvoyska, L., & Shvediuk, I. (2016). Cost-benefit analysis of reforestation process: Maley Polissya case study. *Proceedings of the Forest Academy of Sciences of Ukraine, 14,* 236-243 (in Ukrainian).

Эпистемологический инструментарий исследования эколого-экономических систем

Л. Д. Загвойска[1], О. Р. Пелюх[2]

Проанализированы методологические ограничения мейнстрима экономической теории XX века в сфере исследования эколого-экономических систем в социально-экологическом контексте эпохи антропоцена. Эколого-экономические системы рассмотрены в рамках постнеклассической научной парадигмы и трактуются как единство экологической и экономической подсистем, связанных обменом вещества, энергии и информации, для которых характерно сильное нелинейное взаимодействие структурных элементов и коллективное (возникающее, эмерджентное) поведение. Особое внимание обращено на такие особенности исследуемых систем, как нелинейность, стохастичность и генеративность, а также на особенности принятия решений по управлению этими системами, такие как плюрализм ценностей, субъективность оценок и суждений, контекстуализм решений, релевантность неакадемических знаний и партисипативность самого процесса принятия решений.

Обоснованы направления трансформации теоретико-методологических подходов к исследованию этих систем в рамках постнеклассической научной парадигмы для исправления методологических некорректностей современной экономической науки путем теоретизирования на основе экологической экономики и теории экономической сложности, теории ограниченной рациональности и теории экономического оценивания. Постулируя роль экономической системы как подсистемы глобальной экологической системы Земли, которая обеспечивает и обуславливает человеческую деятельность, а рыночное равновесие – как одно из множества возможных состояний экономической системы, предложенный теоретико-методологический подход к исследованию эколого-экономических систем предлагает более глубокое и адекватное понимание исследуемых процессов и феноменов.

Аргументировано применение новых инструментов исследования эколого-экономических систем, а именно: нексусный подход, делиберативные методы, имитационное моделирование (агентное и системно-динамическое), методы оценки экономической стоимости и др.

Обосновано использование этих методов как средства холистического рассмотрения и визуализации проблемы с учетом локального и глобального контекстов ее возникновения, сочетания аналитических методов и субъективных предпочтений, денежных оценок и ценностных суждений в процессе поиска синергий, конфликтов и компромиссов заинтересованных лиц, а также интегрирования академических и традиционных знаний в процесс принятия решения на принципах устойчивого развития.

Ключевые слова: эколого-экономические системы; постнеклассическая научная парадигма; инструментарий исследования; синергетические системы; стоимость услуг экосистем; имитационное моделирование; агентское моделирование; динамическое моделирование.

Epistemological instruments for ecological-economic systems investigation

L. Zahvoyska[1], O. Pelyukh[2]

The article analyzes methodological constraints of the economic theory mainstream concerning study of ecological-economic systems and post-normal

[1] *Загвойска Людмыла Дмытривна* – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат экономических наук, доцент кафедры экологической экономики, Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-050-371-44-29. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0028-4723

[2] *Пелюх Оксана Романовна* – магистр экономики окружающей среды и природных ресурсов, аспирант кафедры экологической экономики, Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-096-748-82-70; E-mail: pelyukh.o@ukr.net ORCID: 0000-0002-1889-3623

[1] *Lyudmyla Zahvoyska* – corresponding member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Economics. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-050-371-44-29. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0028-4723

[2] *Oksana Pelyukh* – Master of Environmental and Natural Resource Economics, PhD student of the Department of Ecological Economics. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-096-748-82-70; E-mail: pelyukh.o@ukr.net ORCID: 0000-0002-1889-3623

problems in the social and environmental context of the Anthropocene. Ecological-economic systems are considered within the framework of the post-normal scientific paradigm and are interpreted as a unity of ecological and economic subsystems associated with an exchange of matter, energy and information, which are characterized by strong nonlinear interactions of structural elements and their collective (emergent) behavior. Particular attention is paid to the peculiarities of the systems under consideration, such as nonlinearity, stochasticity and generativity, as well as the peculiarities of decision-making process concerning these systems management, such as value pluralism, subjectivity of assessments and judgments, the context of decisions, the relevance of nonacademic knowledge, and the participative nature of the decisions making process itself.

Directions of the transformation of theoretical and methodological approaches to the study of these systems within the framework of the post-normal scientific paradigm are substantiated for elimination of methodological incorrectness of modern economic applying science theorization on the basis of ecological economics and theory of economic complexity, theory of bounded rationality and theory of economic valuation.

Postulating a role of an economic system as a subsystem of the global ecological system, which ensures and determines all kinds of human activity, and a market equilibrium as one of many possible states of the economic system, the proposed theoretical and methodological approach to the study of ecological and economic systems offers deeper and more adequate understanding of the investigated processes and phenomena.

Application of new instruments for study of ecological economic systems, namely, nexus approach, deliberative methods, simulation (multi-agent and system dynamic modeling), economic valuation methods etc. is argumented.

Application of these methods as means for holistic identification and visualization of a problem under consideration based on the local and global contexts of its occurrence, for a combination of analytical methods and subjective preferences, monetary assessments and value judgments in the process of seeking synergies, conflicts and compromises among stakeholders, as well as for integration of academic and traditional knowledge in the decision-making process on the principles of sustainable development is substantiated.

Key words: ecological-economic systems; post-normal paradigm; research tools; synergistic systems; value of ecosystem services; simulation; agent-based modeling; and dynamic modeling.