

## **Нові методи вирішення екологічних проблем: фізико-економічна інтерпретація**

*Досліджено проблеми формування екологічно збалансованої економіки з позиції фізичної економії. Запропоновано нові моделі та функції у напрямі розвитку фізичної економії. Теоретико-методологічні проблеми на шляху сталості запропоновано вирішувати за допомогою трансдисциплінарного підходу.*

*Ключові слова: природосоціогосподарські системи, функція негентропії у природокористуванні, просторово-економічне моделювання, нові функції і моделі фізичної економії.*

Сьогоднішня еколого-економічна криза обумовлена насамперед нездатністю економічної науки вирішувати нові завдання, пов'язані з визначенням цінності послуг природного капіталу для довкілля та економіки. Недооцінка запасів та потоків ресурсів природи призводить до негативних результатів як в екологічному, так і в соціально-економічному аспектах.

Економічна оцінка природного капіталу повинна враховувати цінність його елементів та послуг не лише для економіки і бізнесу, але і для збереження стійкості обмінних процесів, що існують між наземними екосистемами і зовнішнім природним довкіллям (біосферою). Це викликає потребу у більш детальному методологічному дослідженні особливостей відтворення природного капіталу. Тобто треба більшу увагу приділяти трансдисциплінарним пошукам виявлення енергетичних ознак функціонування (роботи) наземних екосистем, оскільки циклічні зміни у сучасній економіці дедалі більше обумовлені їх виснаженням.

Водночас треба усвідомити, що традиційне дослідження та моделювання неокласичною економічною наукою господарських систем як ізольованих до природного довкілля не дає змогу вирішити проблеми сталого розвитку світу. Необхідність ускладнення об'єкта дослідження теоретичною економікою в таких умовах не викликає сумнівів. Як вирішити ці питання та забезпечити розвиток життєзберігаючої, а не руйнуючої моделі економіки в XXI столітті?

Адже для зміни моделі розвитку економіки необхідно усвідомлювати, за рахунок яких джерел, ресурсів та процесів стають можливими процеси і конструктивний розвиток не лише у суспільстві та соціумі, але і у живій природі та біосфері Землі. Економіка не може бути абстрагованою від природи, що дає їй ресурси. У цьому контексті щоразу більше зацікавлення викликає дослідження глобальних тенденцій економічного розвитку з позицій універсальних законів фізики, в яких провідне місце належить поняттям ентропії і негентропії, а також їх ролі у процесах, що відбуваються у живій природі. Вивчення природогосподарських процесів, що відбуваються у просторових координатах біосфери, обумовлює необхідність ускладнення з господарських систем різного ієрархічного рівня в природосоціогосподарські системи (ПСГС), в ядрі яких наземні екологічні системи.

---

*Гринів Лідія Святославівна, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки України Львівського національного університету імені Івана Франка.*

© Л. С. Гринів, 2011

Закони фізики стверджують, що ні жива речовина, ні енергія в природі не виникають і не зникають самі по собі, а зазнають постійних змін, рухів і взаємних перетворень.

Природні системи і господарська діяльність людей реально не існують в умовах самоізоляції, особливо енергетичної. Вони взаємодіють між собою енергетично, постійно обумовлюючи нові види роботи. Ще в 40-х роках ХХІ ст. у науковий обіг увійшов термін „негентропія”, запропонований Е. Шредингером як антипод ентропії. Негентропія ототожнюється з потоком вільної енергії сонячного світла, яке поглинається хлорофілом зелених рослин у процесі фотосинтезу, стає джерелом упорядкування всіх процесів на Землі. Цей негентропійний феномен, що забезпечує креативний еволюційний розвиток нашої планети чомусь впродовж тривалого часу формування світової економічної думки не потрапляв у поле зору вчених-економістів. Проте саме цей феномен повинен внести позитивні зміни, на нашу думку, формуючи якісно нову методологічну систему розвитку новітньої фізичної економії.

Відомо, що процеси на Землі відбуваються у тепловій оболонці атмосфери, яка має здатність зберігати деякий рівень температури на тій чи іншій території. Тому можна сказати, що на поверхні Землі виникають ізотермічні процеси. Оскільки сонячна енергія, яка надходить циклічно, є головною рушійною силою всіх станів і процесів на Землі, то вони також мають циклічний характер. Кожний процес має своє конкретне призначення, отже, виконує певну роботу. Ізотермічні процеси можна трактувати як процеси, пов'язані з вільним обміном енергії і неупорядкованістю (ентропією) між системою і зовнішнім середовищем. Вільна енергія слугує основним джерелом роботи в ізотермічному процесі і складається з внутрішньої енергії  $E$  та енергетичної характеристики неупорядкованості  $TS$  (ентропії) у системі зі знаком "-" і негентропії зі знаком "+". Отже, мірою упорядкованості кожної фізичної системи є негентропія  $+σ$ , а  $T$  – абсолютною температурою системи. Мінімальною упорядкованістю є рівномірне розташування, відсутність будь-яких градієнтів температури й інших силових полів. У стані з мінімальною негентропією відсутнє будь-яке джерело процесів. Отже, про вільну енергію можна говорити, що це частка внутрішньої енергії системи, яка може бути витрачена системою на виконання роботи і поповнена у процесі контакту з навколишнім середовищем:

$$F = E + Tδ, \quad (1)$$

де  $F$  – вільна енергія системи;  $E$  – внутрішня системна енергія;  $T$  – температура, що відповідає  $- 273^0$  Цельсія;  $δ$  – негентропія;  $Tδ$  – енергетична характеристика упорядкованості у природній підсистемі.

Якщо перейти на мову агрегатів макроекономіки, то вільна енергія є запасом працездатності кожної наземної екосистеми, тобто локального природного капіталу. Водночас джерелом її слугує потік негентропії, що надходить із потоком сонячної енергії на поверхню Землі.

Отже, економічна „працездатність” наземної екосистеми повинна визначатися на основі розрахунку її біофізичної працездатності, що дає змогу побудувати криву її можливостей щодо екологічнозбалансованого розвитку природосоціогосподарських систем.

Як видно з рисунка 1, обсяг господарської діяльності, що здійснюється в межах кожної наземної екологічної системи, залежить від сукупного обсягу вільної енергії, збільшення якого відбувається адекватно до наближення цієї системи до термодинамічної та біофізичної стійкості стаціонарних станів. У свою чергу, обсяг вільної енергії  $F$  залежить від двох сил – інвестицій негентропії  $Tδ$  та обсягу ентропії  $TS$ , зумовлених сукупною роботою наземної лісової екосистеми.

Глобальні наслідки неадекватної економічної діяльності загальновідомі: знищення продуктивності Світового океану, ерозія і спад родючості ґрунтів, дедалі більший дефіцит чистої води, занепад цінних екосистем і вимирання біовидів. Сьогодні можна констатувати значне забруднення атмосфери, стратосфери та іоносфери – газових оболонок Землі – та зростання потенційних загроз прориву озонового шару, що захищає планету від згубного ультрафіолетового випромінювання Сонця, а також поглиблення парникового ефекту як наслідок перенасичення атмосфери продуктами згорання природних ресурсів.

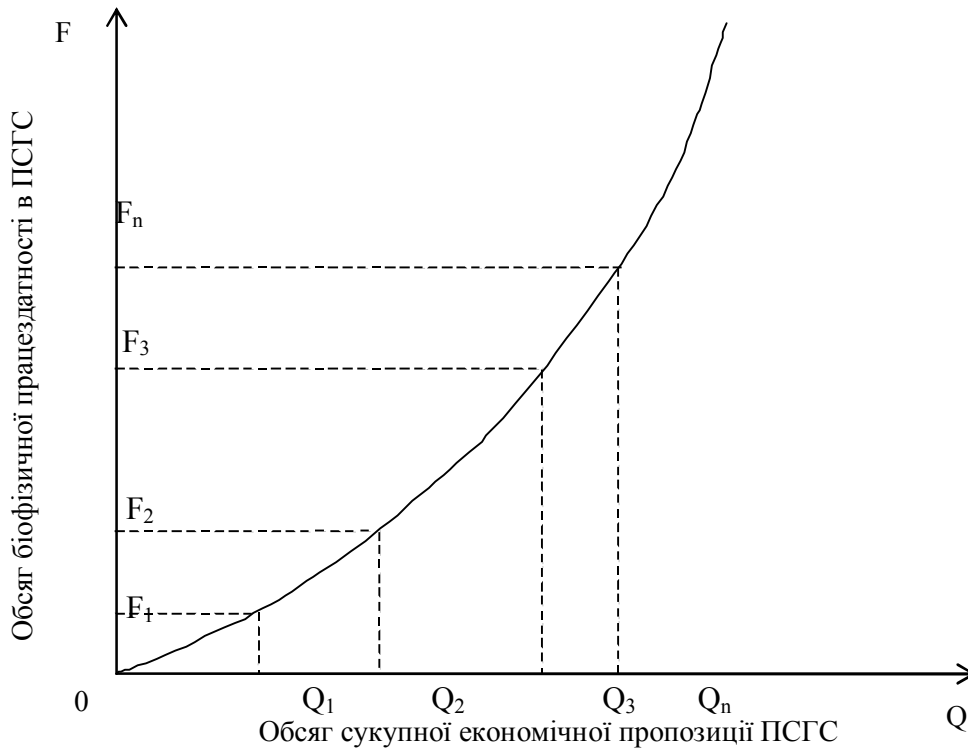


Рис. 1. Крива працездатності природосоціогосподарських систем (ПСГС)

Таким чином, можна вважати, що однією з найважливіших причин сьогоденної драматичної ситуації, що склалася в системі „природа-економіка”, є відсутність безпосереднього зворотного зв'язку, який має інформувати, в яких межах можна здійснювати господарську діяльність.

Адже людство, як і інші живі системи біосфери, підтримують свою життєдіяльність за рахунок енергії Сонця. Водночас саме завдяки наявності і функціонуванню біосфери як складного біофізичного механізму негентропійний феномен існує. Така близькість здавалося б мала зацікавити людство у вивченні особливостей роботи цього макроорганізму. Однак, на жаль, економіка, побудована людьми, повністю ігнорує ці особливості, як, зрештою, і закони функціонування біосфери. Економічна діяльність людей, особливо з часу промислової революції, дедалі інтенсивніше вносить у негентропійний процес еволюції біосфери свій деструктивний елемент, що виявляється

перш за все у ставленні до використання ресурсів природного довкілля та в непомірних апетитах до енергії як джерела нових надприбутків. Як наслідок, у світовій економіці спостерігається феномен енергетичного ринкового безглуздя.

Якщо б економічна наука хоч частково „дослухалася” до законів фізики, то сьогодні світ не був би у вирі прогресуючих природних катастроф та стихій. Теорії ринкового фундаменталізму, що базуються на споживацькому матеріалізмі, завдали непоправної шкоди, оскільки поставили на п’єдестал не природу як першооснову існування Всесвіту, а економічного споживача з його непомірними апетитами, захланністю та бездуховністю.

Однак фундаментальним принципом функціонування біосфери є тісна взаємоузгодженість процесів життєдіяльності всіх представників – численних видів живої природи. Тому для біосфери не існує відходів як таких, оскільки кожен елемент життєдіяльності її членів – рослин, тварин і мікроорганізмів – є необхідним елементом подальшого біосферного циклу, що має свій ритм, структуру і функцію, своє відведене місце у негентропійній еволюції Землі.

Сьогодні втрати лісових систем, що пов’язані з вирубуванням лісів, є також надзвичайно різноманітними, зокрема такими, що пов’язані з руйнуванням цілісності і структури кожної екосистеми. Як наслідок, зниження обсягу водофільтруючих послуг, берегоукріплюючих та інших функцій.

Проте навіть у такому оптимальному для розвитку лісових екосистем гумідному регіоні, як Карпати, лісистість скоротилася впродовж останнього тисячоліття більше ніж на половину і становить зараз у гірських районах 53,5%, а у рівнинних лише 20,2%. Тому й не дивно, що після зведення гірських лісів тут частіше трапляються катастрофічні повені, які завдають величезних збитків національному господарству. Істотне скорочення площі гірських лісів мало місце на півострові Крим. Україна, на території якої ліси займають лише 14,2% площі, належить до найменш заліснених країн Європи. Тому охорона лісових екосистем, збільшення лісистості та раціональне використання лісосировинних ресурсів є пріоритетним екологічним завданням держави.

Масштабні територіальні зміни у природних ландшафтах та в структурі екосистем зумовили також зміну у видовому складі їх фауни й флори. Упродовж агрокультурного періоду на території України зникли: мамонт, печерний ведмідь, волохатий носорог, дикий бик тур, антилопа-сайгак, зубр та інші звірі. Зараз у нове видання Червоної книги України включено 145 видів хребетних тварин та 430 видів судинних рослин (10% аборигенної флори), що знаходяться під загрозою зникнення.

Ще більш загрозлива для органічного світу екологічна ситуація у глобальному плані, зокрема в індустріально розвинених країнах. Зоологами встановлено, що на початку ХХ ст. на Землі було 4276 видів ссавців і приблизно 8684 види птахів. З того часу зникло 36 видів ссавців (0,85%) та 94 види птахів (1,4%). В умовах природних ландшафтів зникло 326 видів судинних рослин.

У зв’язку з такими негативними тенденціями, що виникають у світі природи, необхідно змоделювати можливі механізми забезпечення зворотних зв’язків господарської діяльності людей з „господарством природи” у кожній НЕС.

Розвиваючи фізичну економію як трансдисциплінарну науку, необхідно враховувати те, що ресурси біосфери є невичерпними лише за умов цілісності і неушкодженості біосферного макроорганізму. Якщо ж економічна діяльність порушила цю цілісність, то потрібно усвідомлювати, що ресурси біосфери є дефіцитними. Ентропійна „поведінка” традиційної господарської діяльності проявляється сьогодні саме в руйнуванні біосфери, зменшенні її біорізноманітності, забруднення простору, а отже, в розриві

узгоджених ланок взаємодії з нею наземних екологічних систем. Ці системи є сполучною компонентою між економікою і біосферою, тому будь-яке фізико-економічне моделювання повинно враховувати закони саморегуляції процесів у них.

Наземні екологічні системи продукують природні товари і природні послуги.

Природні послуги – це послуги з самовідтворення природи і всіх живих систем у ній. Вони також забезпечують життєдіяльність людей через поглинання відходів, кругообіг речовин, реакцію фотосинтезу, регенерацію кисню, формування ґрунтів та підтримку їх природної родючості, біорізноманіття. Усі ці послуги є життєпідтримуючими функціями, оскільки існування біосфери в умовах безмежної складності самої природи – геосфери і різноманітності станів її ентропійної поведінки в умовах колосальної різноманітності зовнішніх впливів і внутрішніх перетворень, включаючи космічні впливи, фізичні й хімічні процеси у геосфері, може бути забезпечене лише шляхом постійної та безперервної генерації різноманітності її елементів [2].

Очевидним є те, що якісно нова модель розвитку економіки в ХХІ ст. повинна бути життєзберігаючою, а отже, опиратись на методологію фізичної економії, започаткованої ще в ХХ ст. видатним українським вченим – С. Подолинським.

Фізичні межі економічного зростання сьогодні виникають внаслідок взаємозв'язаних чинників: скінченності планетарної екосистеми, сукупної ентропії, що має тенденцію до збільшення, та еколого-економічного взаємозв'язку, що базується на єдності природної та господарської підсистем макроекономічної системи будь-якого ієрархічного рівня.

Отже, виникає питання, як можна визначити оптимальний фізико-економічний масштаб світогосподарської системи економіки в просторі? Згідно з неокласичною економічною теорією, де до уваги беруться лише економічні критерії визначення цього масштабу без урахування екологічних (біофізичних), прийнято вважати, що в стані досягнення економічною (господарською) системою рівноваги встановлюється максимально можливий випуск продукції. Цей сукупний економічний продукт досягається при оптимальному використанні ресурсів та технологій і визначається як потенційний валовий національний продукт.

Водночас фізико-економічне трактування макрогосподарської системи як відкритої до природного довкілля дещо змінює методологію досліджень причинно-наслідкових процесів та явищ, а також змінює рівні агрегування макроекономічних індикаторів.

У відкритих системах, як відомо, безперервно здійснюється обмін із зовнішнім природним середовищем енергією, речовиною та біоінформацією і замість термодинамічної рівноваги встановлюється (або ні) стаціонарний стан. Чи є подібними стан макроекономічної рівноваги і стаціонарного стану? Мабуть, лише в тому, що більшість параметрів природогосподарської системи не змінюється в часі, однак між ними і є принципові відмінності. При досягненні міжринкової рівноваги не відбувається зміни вільної енергії ( $\Delta F = 0$ ), водночас ентропія, як у кожній закритій системі, є націленою на максимальне значення ( $S \rightarrow \max$ ).

У стаціонарному ж стані функціонування складних природно-господарських систем зміна вільної енергії підтримується на постійному рівні ( $\Delta F = \text{const}$ ), а значення ентропії значно відрізняється від її максимуму. Розглядаючи макроекономічну систему як природогосподарську складну систему, помилковим є дослідження стану її макроекономічної рівноваги (теорії Р.Вальраса), оскільки для таких систем принципним є лише визначення умов стійкості їх стаціонарних станів.

Отже, настав час критичного перегляду не лише всіх напрямів антропо- та техногенної діяльності людства, але і тих сфер знання, і в першу чергу еколого-

економічного, що їх обслуговують. Очевидною є потреба в якісно новій конструкції економічної науки, яка б враховувала закони існування Всесвіту та зупинила розвиток ентропійної, життєруйнуючої моделі світової економіки.

Сьогодні залишилася методологічно не розв'язаною низка важливих теоретичних питань формування екологічно збалансованої економіки.

Насамперед – уточнення питання про об'єкт дослідження. Якщо далі вважати ним господарські системи, які функціонують за законами класичної мікро- та макроекономіки, тобто в ізольованому економічному полі, де не відведено місця законам природи, то чи можливо забезпечити стійке збалансування між природничими і соціоекономічними процесами? Саме це є головною передумовою попередження подальших екологічних катастроф.

Другим важливим питанням у цьому контексті є питання про коректне відображення у макроекономічних тотожностях чинника природного капіталу. Адже створення екологічно стійкої економіки вимагає неминучості обмежень на споживання природного капіталу. Відомо, що класична та неокласична економічна теорія, віддаючи належне капіталу як чинникові виробництва не розмежовувала поняття «природний капітал» і, що є основним, не розглядала його інтегрованою частиною економічних процесів, а лише зовнішнім чинником впливу на господарські системи. Фактично його вважали екзогенним чинником, що і привело потім до поняття «зовнішні ефекти». Однак Концепція сталого (збалансованого) розвитку ставить завдання звернути більшу увагу на природний капітал як ендегенний чинник, або внутрішню енергію соціально-економічних процесів. Пріоритетність чинника природного капіталу в сучасній економіці визначає подальшу траєкторію її розвитку. Зважаючи на це метою економічної політики повинно стати збереження продуктивності цього обмежувального чинника виробництва через інноваційний розвиток та досягнення резонансності господарського й природного життя кожного регіону. Природний капітал є завжди просторово локалізованим та безпосередньо пов'язаним з механізмом обмінних процесів енергією і речовиною із зовнішнім природним середовищем. Цей механізм є специфічним для кожної конкретної території чи регіону, що зумовлює диференціацію їхніх економічних можливостей щодо обсягу використання природного капіталу. Однак цей аспект упущений у визначенні потенційного валового національного продукту (ВНП) та інших макроекономічних показників.

По-третє, зниження біологічної продуктивності природного капіталу зумовлює відповідне знецінення інших видів капіталу. У цьому контексті збільшення обсягів інвестування в біофізичну інфраструктуру довкілля не дає суттєвих результатів. Виникає потреба в імплантації в сучасну економіку вимог збереження біофізичної функції природного капіталу в довкіллі, яка є просторовою функцією, і на основі цього визначати допустимий рівень природокористування. Тому сьогодні особливо актуальними є проблеми теоретичного моделювання економіки з урахуванням екологічних обмежень. Орієнтиром для їхнього вирішення є вимоги та завдання, зазначені в Концепції сталого (збалансованого) розвитку світу, прийнятої ООН у 1992 р.

Сталий розвиток є складною екологічною та соціально-економічною проблемою, яку треба розглядати цілісно. Глобалізація екологічних проблем ставить нові завдання щодо забезпечення механізмів адаптації економічної діяльності до відтворювальних можливостей довкілля. У цьому контексті розвиток екологічно збалансованої економіки можна представити як оптимальну траєкторію руху людства, що дасть можливість гарантувати високу якість довкілля та економіки.

При переході до цієї нової стратегії розвитку сучасний світ зіткнувся з деякими методологічними проблемами, вирішення яких потребує міждисциплінарних досліджень чинників екологічної збалансованості економіки. Виникає потреба формувати наукову теорію, яка б усунула традиційну відірваність природничих та економічних наук у вивченні складних природничо-господарських взаємозв'язків. У цьому контексті теоретична економіка не може обмежуватися моделюванням лише виробничих функцій. Це вимагає теоретичного моделювання нових функцій, які б забезпечили самоорганізацію екологічно збалансованої економіки. Головними критеріями в цьому напрямі має бути максимальне збереження ресурсів природного довкілля та запобігання природним змінам на планеті.

Нові евристичні підходи до дослідження цих питань з позиції вимог екологічної збалансованості економічного розвитку повинні базуватися на синтезі природничих та економічних законів, що дасть можливість вдосконалити механізми оцінювання послуг природного капіталу з точки зору збереження цілісних наземних екосистем.

Екологічні блага та послуги екосистем надаються природою, дуже часто без затрат людської праці. Однак на них затратила "працю" природа через здійснення обмінних процесів енергією, речовиною та інформацією із зовнішнім природним середовищем. Сонячна енергія є джерелом негентропійного бюджету цих екосистем. То чи правомірно абстрагуватися від їх цінності? Адже сувора екологічна реальність вимагає прийняття рішень щодо оптимізації природокористування на основі економічних оцінок.

Однак для того щоб оцінити екологічні блага і послуги, недостатньо керуватися лише оцінками споживача (людини), як це відбувається щодо економічних благ у межах неокласичної економіки. Таким чином, необхідна зміна об'єкта економічної теорії – від економічної системи до синергетичної природосоціогосподарської системи. Тоді суттєво змінюються її критерії оптимізації, а макроекономіка людського господарства буде включена у макроекономіку природи Землі.

Сьогодні стандартні курси з неокласичної макроекономіки досліджують економічну систему так, якби вона функціонувала у вакуумі. Насправді економічні системи є лише компонентою складних природогосподарських макросистем і знаходяться у функціональній залежності від „ринку” природи.

Примітивність ортодоксального ринкового фундаменталізму полягає в тому, що ринки реагують на споживчі потреби населення лише тоді, коли вони підтримуються його купівельною спроможністю (силою). Якщо ж така сила відсутня, то ринки не є чутливими до їх потреб, а отже, ігнорується критерій соціальної та економічної оптимальності.

Донедавна діяльність дослідників економічного розвитку світу була націлена лише на інноваційні зміни. Вони вважали науково-технічний прогрес його пріоритетним чинником. Починаючи від А. Сміта і включно до Р. Солоу, велика увага в економічній теорії приділялася визначенню нових технологічних змін як головної передумови економічного прогресу.

Однак з початку ХХІ ст., що принесло із собою потужні природні зміни, які, як виявилось, також мають суттєвий вплив на розвиток економіки та встановлення нового світового порядку, стало очевидним, що циклічний характер економічного розвитку обумовлений не лише екзогенними впливами на виробництво інноваційних змін, але і такими ж впливами природних змін.

У свій час великий економіст М. Туган-Барановський, досліджуючи циклічний характер економічного розвитку, дійшов до висновку, що характер виробництва

обумовлений циклічними закономірностями відтворення основного капіталу. Таким чином, вчений обґрунтував, усупереч закону Сея, що саме виробництво стимулює все більший обсяг споживання, а не навпаки. Це, на його думку, відбувається через постійне нагромадження позичкового капіталу та його інвестування у виробництво капітальних благ. Закономірно виникло запитання: чи фаза піднесення в циклі викликана лише впливом позичкового капіталу чи, можливо, є ще якісь додаткові чинники. Таким чинником, на думку М. Туган-Барановського, є наукові відкриття та нові технології, які фактично „всмоктують” позичковий капітал, завдяки чому і відбувається фаза піднесення в економіці. Отже, вчений обґрунтував, що піднесення в циклі економічного розвитку переходить у стадію загасання не лише через зниження обсягу пропозиції вільного капіталу, що „шукає” інвестицій, але й через спад попиту на нові технології. З іншого боку, обсяг попиту на капітальні блага в економіці визначається станом технічного прогресу.

Усі наступні спроби економістів змінити фундамент економічної теорії мали лише косметичний характер: в основі її залишилися принципи ринкової економіки. Водночас цілком очевидним є те, що ринок погано „відчуває” деградацію навколишнього природного середовища і є зовсім байдужим до проблем стійкості та збереження природного капіталу планети. Однобокість „відчуттів” ринку є зрозумілою, він реагує лише на такі критерії, як прибуток, дохід, темпи зростання.

У цих умовах виникла потреба в дослідженні складних природогосподарських взаємозв'язків, оскільки економіка в першу чергу споживає ті ресурсопотоки, що формуються у природному довіллі, тому їх споживча вартість має не лише споживчі, але й цінові атрибути.

Сьогодні наземні екологічні системи (НЕС) як ядро ПСГС руйнуються через те, що їхня вартість ігнорується економікою та не включається в систему ціноутворення (в ринкові сегменти, що впливають на економічні рішення). Водночас саме в НЕС початково формується абсолютна додаткова вартість, що є джерелом для створення відносної вартості в економіці [4].

Однак для того щоб екологічні інтереси збереження природного довілля були „конкурентоспроможними” з економічними інтересами збільшення добробуту, потрібно їх оцінювати за допомогою економічних параметрів. Саме через систему адекватних оцінок цінності ресурсів довілля можна впливати на прийняття потрібних з екологічної точки зору економічних рішень.

В основі новітньої фізичної економії лежить біоцентрична, а не антропоцентрична парадигма, що є притаманною для неокласичної економічної теорії. Це означає, що для фізичної економії питанням першочергової ваги є визначення екологічно доцільного масштабу економіки стосовно планети (біоцентричного оптимуму), виходячи із законів існування Всесвіту.

З уваги на це потрібно формувати нове мислення. Воно повинно відрізнитися гуманістичною орієнтацією на те, що охорона природного середовища – це передусім захист людства, визнання його вищою цивілізацією на Землі. У цьому контексті важливою передумовою сучасного соціального прогресу є забезпечення людством перш за все природного прогресу, а напрямком цивілізаційного розвитку повинен стати філософія екологічної альтернативи, що ґрунтується на новій парадигмі, тісно пов'язаній з біоцентричним та холістичним підходами.

Крім цього, біоцентрична парадигма фізичної економії передбачає розвиток життєзберігаючої (екологічно збалансованої) економіки, де враховується цінність



екологічних благ та ресурсів наземних екологічних систем як сукупного природного капіталу.

Таким чином, можна констатувати, що у вигляді капітального запасу нації природний капітал може трактуватись як сукупність наземних екологічних систем, що є структурованими відкритими системами для продукування біомаси і здійснення обмінних процесів за рахунок надходження до них сонячної енергії [4].

Природний капітал відіграє визначальну роль в економіці кожної держави. Будучи зміною у виробничій функції економіки, цей капітал є вагомим фактором виробництва. Однак поряд із виконанням суто виробничої функції для економіки природний капітал бере участь в обмінних механізмах енергією та речовиною, відіграючи чітку функцію в локальних біогеоценозах. Отже, можна сказати, що природний капітал не лише формує підґрунтя для здійснення економічних процесів, але і для попиту „біофізичного” споживача, тобто кожного локального біогеоценозу.

Глобальні зміни клімату, що відбуваються зараз, є наслідком не лише збільшення викидів в атмосферу двоокису вуглецю та інших газів, але в першу чергу – надмірного тиску на наземні екосистеми. У результаті вичерпуються їхні ресурси, що порушує механізм обмінних процесів, а отже, стійкість біосфери. Втрати біорізноманіття стають незворотними, а це означає, що тенденції зниження стійкості існування екосистем мають прогресуючий характер.

Для того щоб запобігти подальшому руйнуванню екосистем, виникла потреба у теоретичному моделюванні функцій та визначенні норм збереження і споживання природного капіталу, що є просторово-економічними за своєю суттю і залежать від біофізичних параметрів стійкості природи.

Продуктивність природного капіталу залежить від рівня збереження біомаси в наземних екосистемах. Тому новітня фізична економія мусить опиратися на вчення В.Вернадського, забезпечуючи адекватне моделювання процесів природокористування.

Сучасна господарська діяльність, на жаль, не вписується у розвиток природних процесів обміну енергії і речовини. Тому глобальна екологічна криза є наслідком традиційної економічної політики, що ґрунтується на основі лише законів вартості та економічного зростання. Ігнорування закономірностей взаємозв'язку речовинно-енергетичного й інформаційного обміну, а також необхідності підпорядкувати закони ринкового обміну законам природного обміну в межах локального простору призводить до збільшення екологічних проблем докільця. Розрахунки спеціалістів свідчать, що сучасне людство споживає нагромаджену в біосфері енергію в 10 разів швидше, ніж відбувається її поновлення з надходжень сонячної енергії. Отже, проблема оцінки рівня дефіцитності послуг НЕС набуває особливої актуальності. Ця дефіцитність повинна братися до уваги при прийнятті управлінських рішень щодо обсягу видобутку тих чи інших ресурсів чи їх обсягу експлуатації в межах кожної НЕС. Адже на „природному ринку” кожної НЕС є попит і пропозиція на рівень упорядковості, що лімітує обсяг антропо-техногенного навантаження в її межах. Саме взаємовідповідність між ними має бути сигналом, на нашу думку, стосовно доцільності збільшення (зменшення) працездатності природосоціогосподарської системи (ПСГС), що сформована на основі НЕС. Для цього доцільно побудувати графік, що відображає оцінку біофізичної доцільності рівня працездатності ПСГС (рис. 2).

Як видно з рис. 1 і 2, на „природному ринку” кожної НЕС формується ціна ( $P_{vp}$ ) упорядкованості  $\sigma$  як джерела її біофізичної „роботи”, що повинна слугувати сигналом для прийняття управлінських рішень щодо доцільного обсягу природокористування.

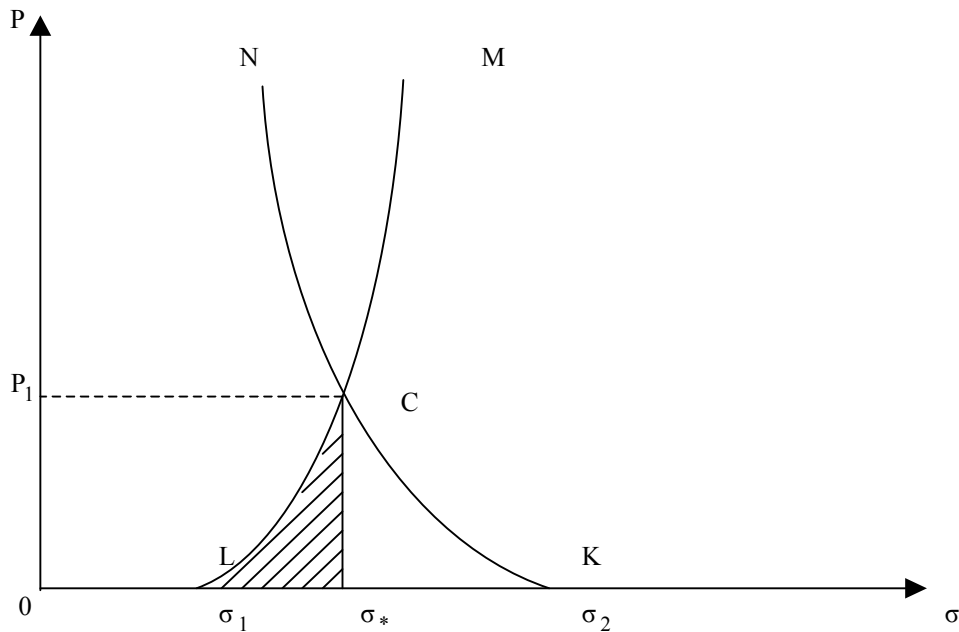


Рис. 2. Оцінка біофізичної доцільності рівня працездатності ПСГС

Важливість фізико-економічного моделювання межі господарської діяльності в кожній НЕС потребує визначення чинників впливу на збереження constant природної впорядкованості. Адже на відміну від економічного ринку, де кожна наступна сорочка є менш цінною для споживача на природному ринку НЕС, кожна наступна економічна послуга є більш цінною для біофізичного споживача – природи. Тому господарство економіки не має права руйнувати господарства природи. У зв'язку з цим необхідно ввести, на нашу думку, поняття граничної ефективності природної впорядкованості для НЕС. Адже інвестиції негентропії дають віддачу в перспективі у вигляді приросту щорічної продукції живої речовини. Така ситуація потребує застосування методу дисконтування. Його використання дасть змогу визначити нинішній еквівалент „вартості” цієї впорядкованості, що дасть приріст продукції живої речовини на майбутнє. Іншими словами, сьогоднішній обсяг  $\delta=0,5$  цієї впорядкованості має ціну  $P_{vp}$ , а вже через рік через втрату біорізноманіття її інвестиції перетворяться на  $0,5+0,5 P_{vp}$  або  $0,5(1+ P_{vp})$ .

Таким чином, завдання фізико-економічного моделювання полягає в тому, щоб економічна діяльність здійснювалася в тих межах, що дозволяють зберегти цю constant. Адже непомірне збільшення природомісткості економіки в процесі господарської діяльності призводить до різноманітних природних змін, а це, у свою чергу, – до мультиплікативного ефекту, внаслідок чого картина сучасного світу стрімко змінюється. Сьогодні в Україні середня температура є значно вищою, ніж у попередні десять років (на  $0,3-0,6^{\circ}\text{C}$ ), в той час як за попереднє сторіччя вона збільшилася на  $0,7^{\circ}\text{C}$ , а це призводить до збільшення випаровування вологості з поверхневого шару ґрунту, відтак на піщаних дюнах Полісся спостерігатимуться процеси подальшого опустелювання. На півдні України підвищення температури може спричинити посилення процесів підтоплення. Глобальні зміни клімату призводять до розширення ареалів та поширення добре адаптованих видів із широкою амплітудою, з одного боку, і скорочення та зникнення

слабко адаптованих видів із вузькою екологічною амплітудою.

Зовнішнє природне довкілля – біосфера – є дуже складною динамічною системою. Для неї є характерними різні чинники, з якими пов'язаний імовірнісний характер багатьох процесів. Разом з тим для біосфери, як для будь-якої відкритої системи, властивими є такі параметри, як стійкість стаціонарних станів, упорядкованість тощо. Таким чином, у ній здійснюються як ймовірнісні, так і детерміновані процеси, серед яких пріоритетне значення має біологічний колообіг та колообіг води.

Біосферу можна представити як „мегахімкомбінат”, на якому здійснюється „виробничий процес”, де з суміші речовин утворюються прості й чисті сполуки. Цей „виробничий процес” існує завдяки сонячній енергії, що надходить до неї та перетворюється в енергію геохімічних процесів. У процесі розвитку біосфери і акумуляції сонячної енергії здійснювались процеси диференціації речовини, утворення геохімічних бар'єрів, зростала кількість видів організмів, ускладнювалась їх структура, а отже, збільшувався обсяг неорганічної й органічної (біофізичної) інформації.

Одним з найбільш уразливих НЕС є ландшафтні системи. Саме ландшафти є тими проміжними наземними екосистемами, що цілісно відображають природу земної поверхні, куди з Космосу надходить енергія Сонця, що несе із собою природну впорядкованість (негентропію). До складу ландшафтних систем входять живі організми і біоносні тіла – ґрунти, водоносні горизонти, поверхневі води, приземна атмосфера.

Закономірно виникає питання: чому так важливо вивчати закономірності функціонування ландшафтних наземних систем при моделюванні фізико-економічних явищ і процесів?

На нашу думку, тому, що саме ці системи водночас є елементами економіки та біосфери. Саме сюди з сонячною енергією надходить природна впорядкованість, саме тут здійснюється реакція фотосинтезу, відбувається формування сировинних ресурсів для економіки. Разом з тим ландшафтні системи є тим геохімічним простором, де здійснюється господарська діяльність з природокористування.

Усі природні ландшафтні системи є важливими компонентами біосфери, в яких сонячна енергія з допомогою біологічного колообігу атомів трансформується в енергію геохімічних процесів. Тут діють відкриті В. Вернадським закон про геохімічну роль живої речовини і закони біологічного колообігу атомів. Згідно з цими законами нагромаджена живою речовиною сонячна енергія при розширенні органічних речовин перетворюється в активну хімічну енергію. Тому ландшафтні системи є багатими на вільну енергію  $F$ , яка є джерелом їхньої працездатності. Адже з термодинамічної позиції кожна з цих систем являє собою відкриту нерівноважну, але стаціонарну систему з механізмом зворотного зв'язку. У ландшафтах, що багаті на вільну енергію, тобто там, де розщеплюється великий обсяг органічних речовин, спостерігається значне біорізноманіття: воно характеризується диференціацією, геохімічною контрастністю, інтенсивністю міграції хімічних елементів. Це дає можливість стверджувати, що жива речовина зменшує ентропію (збільшує негентропійний бюджет) природної ландшафтної системи.

Жива речовина кожної ландшафтної системи може бути охарактеризована за допомогою двох індикаторів:

- індикатора загальної біомаси ( $B$ );
- індикатора обсягу щорічної продукції живої речовини ( $\Pi$ ) [3].

У таблиці 1 подано обсяг біомаси, щорічної продукції живої речовини та коефіцієнт  $K$  для деяких ландшафтних систем, що показує обсяг виробництва щорічної продукції живої речовини на одиницю біомаси. У деякій мірі тут, на нашу думку, можна провести аналогію з будь-яким суб'єктом виробництва в економіці, адже чим вищий рівень  $K$ , тим ефективніша „економіка” ландшафтної системи, а отже, більша її „фондовіддача” [3].

Таблиця 1 – Основні співвідношення біомаси і щорічної продукції живої речовини в різних ландшафтних системах

Тип ландшафтної системи	Підсистеми ландшафтної системи	Б	П	„Фондовіддача” в ландшафтній системі ( $K = \frac{\lg \Pi}{\lg B}$ )
		в ц/га		
Вологі широколисті ліси	Ландшафти букових лісів	3700	130	0,59
Вологі дрібнолисті ліси	Ландшафти березових лісів	2200	120	0,62
Луки	Трав’яні луки	110	765	0,95
Степи	Солонцюваті степи	16	6,1	0,66
	Напівкущові степи	43	12,2	0,65

Слід відзначити, що біомаса (Б) і щорічна продукція (П) є індикаторами, які можуть виокремлювати типи ландшафтних систем. Типи цих систем (лісові, степові, лугові, гірські тощо) в цілому відповідають „типам рослинного покриву”, що вивчається в геоботаніці. Кожний тип ландшафтної системи – це не лише щорічна продукція живої речовини, але й відповідний видовий склад рослин, структура біоценозу, рівень його організації. Іншими словами, для створення даної маси живої речовини необхідний певний склад і кількісне співвідношення різних видів фауни і флори. Водночас для збереження цього має бути стійкою структурна цілісність біоценозу, яка, у свою чергу, залежить від того, настільки збережений обсяг природної впорядкованості, що надходить до земної поверхні з сонячним промінням. Засвоєння наземною ландшафтною системою цього постійно у часі і просторі потоку негентропії (інформації) і є універсальним джерелом життєдіяльності системи, оскільки потік негентропії, що від Сонця падає на Землю, є більшим, ніж її потік, що випромінюється Землею у Космос. Звідси випливає, що виробництво біомаси та її щорічної продукції в кількісному і якісному аспекті знаходиться у функціональній залежності саме від цього джерела працездатності ландшафтної системи [2].

Природний капітал є джерелом для продукування природних товарів (ресурсів) та економічних послуг. Для цього надходять зовнішні інвестиції сонячної енергії, з якою надходить негентропія. Частина цих „інвестицій” споживається у процесі біогеоценозу, а інша їх частина забезпечує зростання природного капіталу через нарощування щорічної продукції живої речовини. Ми вже відзначали, що біомаса кожної наземної екосистеми представляє її „основні фонди”. Тому рівень її фондомісткості буде становити [2]:

$$K_{\phi_m} = \frac{\lg B}{\lg \Pi} \quad (2)$$

З мікроекономіки ми знаємо, що основні фонди з часом зношуються. Це явище називається амортизацією. Отже, для того щоб забезпечити нарощування щорічної продукції живої речовини, з часом потрібно ці основні фонди оновлювати, що потребує додаткових інвестицій. Сучасна агротехнічна селекція, застосування мінеральних добрив дає можливість економіці отримувати на полях культурних рослин значно більшу біомасу (урожай), ніж, скажімо, у природних трав’яних ландшафтних системах.

У таких культурних ландшафтах щорічно можна збирати 2-3 урожаї (особливо в тропічних зонах). Тоді щорічна продукція живої речовини буде значно перевищувати біомасу, наприклад, коли  $\Pi = B^2$ . Однак у цьому випадку ми говоримо про культивованій природний ландшафтний капітал.

Просторова неоднорідність біосфери згідно із вченням В. Вернадського регламентує природний рівень упорядкованості (негентропії), яка є визначальним чинником збереження біомаси кожної наземної екосистеми. Таким чином, на основі досліджених раніше енергетичних умов відтворення стійкості НЕС можна підійти до опису просторової моделі екологічної сталості економіки, яка складається з декількох фізико-економічних тотожностей та визначення граничної межі обсягу господарювання у межах наземних екосистем.

Продуктивність некультивованого природного капіталу визначається якістю енергії, що залежить від зміни ентропії  $\Delta S$ . На кожен квадратний метр земної поверхні природної екосистеми за секунду потрапляє потік негентропії (інформації), оскільки  $(-\Delta S) = I$ , що у свою чергу, дорівнює  $Q/T_3$  [2]. Очевидно, що  $I(\sigma)$  не створюється, - це природна константа впорядкованості.

Для того щоб її зберегти для визначення такого обсягу господарської діяльності, який був би екологічно доцільним у межах простору, треба здійснити відповідне моделювання. Наведена далі просторова модель екологічної сталості економіки обґрунтована нами (2) та включає ряд обмежувальних функцій економіки.

Просторова модель екологічної сталості економіки [2].

Фізико-економічні тотожності розвитку просторових природо господарських систем (ЕСС).

$$Y_n = F(K_n), \quad (3)$$

де  $Y_n$  – екологічна пропозиція ЕСС;  $F(K_n)$  – просторова координата природовідновлювальної функції природного капіталу  $K_n$

$$F(K_n) = F(C_n + I_\delta - A_n), \quad (4)$$

де  $C_n$  – споживання внутрішньої енергії у процесі біофізичної та соціоекономічної роботи в ЕСС;  $I_\delta$  – „інвестиції” негентропії (природної впорядкованості, що надходять з енергії сонця);  $A_n$  – обсяг ентропії, що утворюється у зв'язку з виконанням в ЕСС біофізичної та соціоекономічної роботи.

$$\delta - A_n = P_{vp} > 0, \quad (5)$$

де  $P_{vp}$  – ціна біофізичної впорядкованості природного капіталу  $K_n$ .

Визначення граничної схильності до збереження біомаси природного капіталу:

$$Q = Q(P_{vp}). \quad (6)$$

Згідно із законом збереження біомаси, норма заощадження  $K_n$  є еквівалентною до  $P_{vp}$ :

$$\Delta P_{vp} = \delta - A_n, \quad (7)$$

$$A_n = h \cdot P_{vp}, \quad (8)$$

$$Q = C + \delta = (1 - S)Q + \delta, \quad (9)$$

де  $C$  – споживання  $K_n$  S норми заощадження  $K_n$ ,  $h$  – коефіцієнт амортизації. Отже,

$$\delta = S \cdot Q \quad (10)$$

Умова стійкості стаціонарного стану системи:

$$\Delta P_{vp} = \delta - h \cdot P_{vp} = 0 \quad (11)$$

$$P_{vp} = \frac{\delta}{h} \quad (12)$$

Гранична економічна продуктивність  $K_n$  :

$$MPK_n = h \quad (13)$$

**Висновки.** Таким чином, необхідною передумовою для вирішення проблем сталого розвитку світу є зміна неокласичної методології економічної науки, яка ставиться до розвитку господарської діяльності як до вічного двигуна на фізико-економічну методологію.

Методика визначення масштабу господарської діяльності в межах природно-господарських систем, що представлена нами в контексті просторової моделі забезпечення екологічної сталості економіки, дає можливість застосування превентивних механізмів у господарській діяльності з природокористування. Ця фізико-економічна методика базується на врахуванні негентропійного феномену життєдіяльності на планеті.

1. *Базилевич В.* Макроекономіка / В. Базилевич, К. Базилевич, Л. Баластрик. – К. : Знання, 2006. – 623 с.
2. *Гринів Л. С.* Екологічна економіка / Л. С. Гринів. – Л. : Магнолія 2006, 2010. – 358 с.
3. *Перельман А. И.* Геохимия биосферы / А. И. Перельман. – М. : Наука, 1973. – 166 с.
4. *Hryniv L.* Physical (Negentropy) Function of Sustainable Economy: Problems of Evaluation / L. Hryniv // Environmental Accounting – Sustainable Development Indicators. Prague, EMAN, 2009. – 115 p.
5. *Daly H. and J. Farley* 2004 / Ecological Economics: Principles and Applications. Island Press, Washington, DC.
6. *L. Hryniv.* Transdisciplinary approach to Sustainability: Ecological Economics and Sustainable Forest Management Edited by I. P. Soloviy and W. S. Keeton, UNFUP, L, 2009. – P. 85–96.

*Отримано 11.09.2011 р.*

*Л. С. Гринів*

**Новые методы решения экологических проблем: физико-экономическая интерпретация**

*Исследованы проблемы формирования экологически сбалансированной экономики с позиции физической экономики. Предложены новые модели и функции в направлении развития физической экономики. Теоретико-методологические проблемы на пути сбалансированности предложено решать с помощью трансдисциплинарного подхода.*

*Ключевые слова: природосоциально-экономические системы, функция негентропии в природопользовании, пространственно-экономическое моделирование, новые функции и модели физической экономики.*

*L. S. Hryniv*

**New methods for solving environmental problems: physical and economic interpretation**

*In the paper the meaning of the conception of physical economics for solving problems of forming ecologically sustainable economy is shown. New models and functions towards the development of physical economics are offered. Theoretical and methodological aspects of problems of sustainability were considered on basis of transdisciplinary approach.*

*Key words: natural-socio-economical systems, function of the use of nature in space, new function*

*Л. С. Гринів. Нові методи вирішення екологічних проблем: фізико-економічна інтерпретація  
and models of the physical economics, space-economis modeling.*

---