

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ФІЗИЧНОЇ МАКРОЕКОНОМІКИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

©2020 ГРИНІВ Л. С.

УДК 65:502/504(075.8)
JEL Classification: E60

Гринів Л. С.

Концептуальні засади фізичної макроекономіки для сталого розвитку: проблеми та перспективи

Запропоновано концепцію формування (становлення) фізичної макроекономіки сталого розвитку, яка розширює систему координат досліджень в економічній науці, оскільки враховує параметри фізики наземного простору біосфери в економічному розвитку. Об'єктом дослідження фізичної макроекономіки є складні еколого-соціогосподарські системи (ЕСГС), в ядрі яких – наземні екологічні системи, що характеризуються певним обсягом продуктивності поверхні Землі. Фізична макроекономіка досліджує моделі співмірності біофізичних і вартісних оцінок на шляху до формування економіки сталого розвитку ЕСГС. У статті також запропоновано фізико-економічну парадигму формування економіки сталого розвитку, яка, на відміну від наявних, враховує природничі джерела початкового циклу збагачення в економіці. Це дає підстави для методологічних змін у теорії вартості та побудови якісно нової моделі монетарної економіки для вирішення проблем Sustainability. Новітня фізична економія-інтегральна (синтезуюча) наука, що застосовує трансдисциплінарні підходи до дослідження причинно-наслідкових зв'язків у складних стаціонарних еколого-соціогосподарських системах різного ієрархічного рівня. Нові евристичні моделі в ній базуються на синтезі законів фізики, біології, геоботаніки, геохімії, ландшафтознавства, біофізики та економіки. Обґрунтовано фізико-економічну модель сталого розвитку, яка базується на методі функції екологічної пропозиції Землі. Ця функція фіксує оптимальний обсяг природного капіталу Землі, який можна отримати за його заданого обсягу і площі наземної екологічної системи. Це дало можливість обґрунтувати та визначити нові фізико-економічні індикатори сталого розвитку ЕСГС.

Ключові слова: фізична макроекономіка, функція екологічної пропозиції Землі, фізико-економічне моделювання, сталий розвиток, стійкість біосфери, нові фізико-економічні знання.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2020-3-139-147>

Рис.: 5. **Формул:** 6. **Бібл.:** 14.

Гринів Лідія Святославівна – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки України, Львівський національний університет імені Івана Франка (вул. Університетська, 1, Львів, 79001, Україна)

E-mail: lidiya.hryniv@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7720-6504>

UDC 65:502/504(075.8)
JEL Classification: E60

Hryniv L. S. Conceptual Principles of Physical Macroeconomics for Sustainable Development: Problems and Prospects

A new concept of forming physical macroeconomics for sustainable development has been suggested, which broadens the coordinates system of economics, as it takes into account the physical parameters of terrestrial biosphere in economic development. The object of study in physical macroeconomics is complex ecological and socio-economic systems (ESES), the core of which is made up by terrestrial ecological systems characterized by definite amount of soil productivity. Physical macroeconomics analyzes balance models of biophysical and cost estimates on the way to forming sustainable economy of ESES. The article also suggests a physical and economic paradigm of forming sustainable economy, which, unlike the current ones, takes into account natural sources of the first enrichment period in economy. It gives grounds for methodological changes in the theory of value and creating a breakthrough model of monetary economy to solve sustainability problems. Such up-to-date physical economy is an integral (synthesizing) science which uses a transdisciplinary approach to studying cause-and-effect relations in complex stationary ecological and socio-economic systems of various hierarchy levels. Its new conceptual models are based on a synthesis of physical, biological, geobotanic, geochemical, landscape science, biophysical and economic laws. A physical and economic model for sustainable development has been substantiated, which is based on the function method of the environmental offer of the Earth. This function determines the best possible natural capital volume of the Earth, which can be obtained having its targeted volume and the area of a given terrestrial ecological system. Due to the information given above, the author of the article has managed to substantiate and determine new physical and economic sustainable development indicators of ESES.

Keywords: biosphere stability, function of the environmental offer of the Earth, physical and economic modelling, physical macroeconomics, sustainable development.

Fig.: 5. **Formulae:** 6. **Bibli.:** 14.

Hryniv Lidia S. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Department of Economics of Ukraine, Ivan Franko National University of Lviv (1 Universytetska Str., Lviv, 79001, Ukraine)

E-mail: lidiya.hryniv@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7720-6504>

Сьогоднішній світ, що ускладнений не лише екологічною та фінансово-економічною кризами, але і пандемією COVID-19, потребує знаходження адекватних відповідей на деякі загальнопланетарні проблеми.

Адже наслідки економічної діяльності загальновідомі: знищення продуктивності світового океану, ерозія і спад родючості ґрунтів, дедалі більший дефіцит чистої води, занепад цінних наземних екосистем і вимирання біовидів. Процеси глобалізації, спрямовані лише на економічну експансію, загострюють їх, оскільки ігнорують вимоги екологічно сталого розвитку економіки. Тому Всесвітній економічний форум, який проходив 21–24 січня цього року в Давосі, головну увагу спрямував на проблеми усунення світових екологічних ризиків, що пов'язані з кліматичними катастрофами, втратою біорізноманіття, руйнуванням наземних і водних екосистем [1]. Очевидно, що для того, щоб впоратися з цими викликами, необхідна нова модель світової економіки. Такою, на думку організаторів цього форуму, має стати модель капіталізму зацікавлених сторін (stakeholder capitalism). Ця модель представлена як така, що може успішно вирішувати сучасні еколого-соціальні виклики світу. Однак чи може економіка стейкхолдерів розв'язати глобальну проблему запобігання подальшим кліматичним змінам і зниження продуктивності «плівки життя» (за В. Вернадським)? Адже для цього потрібні якісно нові міждисциплінарні знання щодо визначення об'єктивних обмежень у здійсненні господарської діяльності людей в просторі наземної біосфери. Саме вона формує капітал Землі, що є джерелом здійснення в ній відтворювальних процесів, а також початкового циклу збагачення в економіці. Тут, очевидно, потрібне міждисциплінарне з'ясування умов забезпечення стійкого продукування наземними природними системами екологічних благ, функції яких є важливими не лише для потреб людей, але, перш за все, – для збереження стійкості біосфери Землі. Без цього неможливим є досягнення не лише екологічної сталості економіки, але і макроекономічної та фінансової стабільності в сучасному світі. Водночас не можна ігнорувати факту, що наземний простір біосфери, де ми живемо і працюємо, є тим ядром, де створюється первинна додаткова вартість, що має природне, а не соціальне походження. Ця додаткова вартість формується завдяки реакції фотосинтезу і тим потокам біоінформації (негентропії), які надходять з Космосу до земної поверхні, та втілюється у її живій природі. Частину таких потоків засвоює зелена рослинність Землі, створюючи нову біомасу живої речовини, яка, набуваючи форми її щорічної продукції, і є матеріальним виявом додаткової вартості, що дає Земля, і завдяки якій існує подальше життя на планеті.

Зниження фотосинтезуючої здатності поверхні землі через втрату біорізноманіття та інші природні зміни актуалізують такі питання:

- Як зміни природної родючості поверхні землі впливають на параметри макроекономічної стабільності?
- Яка модель монетарної економіки може мотивувати до збереження «плівки життя»?

У цьому контексті необхідний якісно новий методологічний підхід, який би ґрунтувався на системно-

функціональному аналізі й оцінці взаємозумовленості природних і соціально-економічних процесів і явищ, що відбуваються у просторово-часових координатах [2; 7].

Крім раніше існуючих в природі основних колообігів речовини, енергії та біоінформації – геологічного та біологічного, за час розвитку суспільства в кінці ХХ – на початку ХХІ ст. утворився і стає дедалі суттєвішим третій основний колообіг, який виник завдяки інтенсивній господарській діяльності людей. Його можна назвати антропогенним чи техногенним. Антропогенний колообіг містить, по-перше, сполуки, яких не було раніше в природі, а також процеси, швидкість протікання яких значно вище звичайних. По-друге, колообіг цей поки що в цілому невпорядкований, розімкнутий в більшості своїх ланок і може бути названий колообігом лише умовно. Водночас антропогенний колообіг речовин не існує окремо від природних колообігів, а включений в їх структуру, тобто в рух маси води, повітря, зміщення осі Землі і порід.

Таким чином, антропогенний колообіг порушує збалансованість природних колообігів, деформує структуру взаємозв'язку їх ланок. У такій ситуації треба моделювати можливі варіанти досягнення резонансності між ними. А для цього треба пізнати феномен функціонування органічного світу через використання природничих наук і, зокрема, законів біологічної та фізичної науки для покращення якості сучасної економічної науки. Тому сьогодні на особливу увагу, на нашу думку, заслуговує розвиток фізико-економічної методології, основи якої заклали ще в кінці ХІХ століття всесвітньо відомий український учений С. Подолинський [6]. Обґрунтувавши концепцію енергетичного бюджету Землі, він сформував фундамент для дослідження економічних процесів і явищ у тісному взаємозв'язку з енергетично-речовинними та біоінформаційними потоками, які існують у просторових координатах наземної біосфери. Розвиваючи цю методологію зараз, можна підійти до створення системи ефективного, превентивного за своїм змістом, менеджменту екологічно сталого розвитку економіки, що передбачає запобігання та уникнення нових екологічних змін у наземних екологічних системах і збереження їх природної продуктивності, а отже, забезпечення стійкого функціонування біосфери Землі.

Чому питання зміни моделі розвитку економіки є квазіактуальним саме тепер, на початку 20-х років ХХІ століття? Та, перш за все, тому, що з'явилися вже перші ознаки трансформації цих криз, насамперед екологічної, в загальнопланетарну екологічну катастрофу, коли процеси руйнування біосфери стають незворотними. Атрибутами цього є глобальні природні зміни та катаклізми, втрата кліматичної стабільності, знищення озонового екрану у верхніх шарах атмосфери, втрата запасів питної води через обезводнення материкових територій планети тощо [2].

Сьогоднішня пандемія «COVID-19» поклала край догмату про те, що рівновага в суспільстві та у всіх сферах економіки (в тому числі і медичній) може встановлюватися і автоматично підтримуватися ринком.

Резонансною подією у світі стала Ювілейна доповідь Римського клубу «Come on», яка була опублікована в грудні 2017 р. та переорієнтує людство на необхідність створення альтернативної моделі економіки [2].

Ключовими висновками цієї доповіді, які випливають з аналізу сучасного стану економіки (98 % фінансових операцій у світі мають спекулятивний характер, в офшорних зонах сховано близько 30 трлн дол. США, в той час як такі сфери, як наука, освіта та охорона природи, потерпають від нестачі фінансових ресурсів), є такими:

- виродження капіталізму та необхідність нової філософії економічної науки;
- необхідність нового просвітництва, що побудоване на природоцентризмі;
- завдання кліматичного саміту та досягнення Цілей сталого розвитку не можуть бути реалізованими в межах старої (діючої) моделі економіки.

Тому однією з найскладніших і водночас надзвичайно актуальних теоретико-методологічних і прикладних проблем новітньої економічної науки є проблема формування такої моделі економіки, яка запобігала б порушенням продуктивності поверхні землі, без чого неможливо орієнтуватись не лише на стійкість світової фінансової системи, але і на збереження людства загалом. Сумнівно, що це зможе вирішити капіталістична система стейкхолдерів, в якій пріоритетом залишається постійна гонитва за прибутками та збагаченням, що камуфльована під «доброспорядовану конкуренцію».

Водночас стейкхолдери мають володіти новими знаннями, щоб сформувавши стратегії господарювання на основі екологічної правди. Очевидно, що має йтися про якісну нову модель цивілізаційного розвитку, яка має спиратись на високу духовність та обізнаність людства з законами розвитку Всесвіту. Це, своєю чергою, має окреслити орієнтири щодо створення ноосферної моделі сталого розвитку світу як глобальної економіки перемоги людського розуму (за В. Вернадським) [3; 4].

Отже, для зміни моделі розвитку економіки сьогодні необхідно усвідомлювати, за рахунок яких джерел, ресурсів і процесів стають можливими прогрес і конструктивний розвиток не лише у суспільстві та соціумі, але і у живій природі біосфери Землі. Адже ноосферна модель економіки не може бути абстрагованою від продуктивності живої природи землі, 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 енергії, ентропії і негентропії, а також їх ролі у процесах, що відбуваються у живій природі наземної біосфери. Водночас треба враховувати новітні досягнення інших природничих наук (біофізики, екології, геохімії ландшафтів, геофізики, вчення про біосферу та ноосферної концепції В. Вернадського).

Аналізуючи могутність такої нової цивілізації, яку, використовуючи сучасну термінологію, можна назвати цивілізацією екологічно сталого розвитку, В. Вернадський ще в середині ХХ ст. дійшов висновку, що людині, як частці живої речовини, доведеться взяти на себе відповідальність за майбутній розвиток біосфери і суспільства. «В геологічній історії біосфери перед людиною відкривається велике майбутнє, якщо вона зрозуміє це й не буде використовувати свій розум та свою працю на самознищення» [4, с. 117].

«На сьогодні людина – основний геологотрансформуючий фактор біосфери» – ця теза багато років була одним із основних джерел його роздумів. В. Вернадський зазначає: «Людство, взяте в цілому, стає потужною геологічною силою, і перед ним, його думкою та працею стає питання про перебудову біосфери в інтересах вільно думуючого суспільства як єдиного цілого. Цей новий стан, до якого ми, не помічаючи цього, наближаємося, і є ноосферою» [4, с. 133]. Що корисного з цього висновку може взяти сучасна економічна наука? Перш за все те, що, оскільки наземна біосфера як початково стійка системна цілісність трактується як планетарна екологічна система, то з часу, відколи соціум та його економіка стає геологотрансформуючим чинником її розвитку, вона набуває виду еколого-соціогосподарської синергетичної системи (ЕСГС). Економіка має розглядатись як її компонента, в ядрі якої знаходиться наземна екологічна система (НЕС).

Дослідження ж економіки як компоненти наземної біосфери вимагає врахування природних передумов здійснення всіх господарських процесів у її просторі. Тобто на перший план виходять не «раціональна поведінка економічної людини» чи «невидима рука Адама Сміта», а «поведінка» наземної частини біосфери, в межах якої ведеться господарська діяльність щодо її здатності виконувати природовідтворювальні функції [13; 14]. Тому тут важливим індикатором є продуктивність біомаси живої речовини ландшафтів наземних екологічних систем.

З погляду термодинаміки кожен ландшафт наземної екологічної системи – це відкрита, нерівноважна, стаціонарна система з механізмом зворотного зв'язку. Очевидно, що в ландшафтах, які мають багато вільної (біогеохімічної енергії за В. І. Вернадським), тобто там, де розщеплюється велика кількість органічної живої речовини, спостерігаються значне біорізноманіття і складність природних систем [5]. Таке розмаїття природи характеризується значною диференціацією, геохімічною контрастністю, інтенсивністю міграції хімічних елементів, що є джерелом нарощування потенціалу працездатності ландшафту. Проведені нами міждисциплінарні дослідження (геохімія ландшафтів, біофізика, термодинаміка нерівноважних процесів) свідчать про те, що наявна в них жива речовина має властивість зменшувати ентропію природного ландшафту, тобто підвищувати його негентропію. Як основна передумова (чинник) здійснення «роботи» природи в ландшафтах, саме жива речовина, на нашу думку, відіграє роль капіталу Землі в конкретному ландшафті, а отже, і в цілому у біосфері Землі.

Водночас жива речовина ландшафтів бере безпосередню участь у формуванні природних ресурсів (вапняки, крейда, газ, нафта), які є сировиною для економіки. Таким чином, саме живу речовину ландшафтів, яка є запасом (фондом), що формує ресурсопотоки для біосфери та економіки, на нашу думку, слід трактувати як капітал землі в економіці. Його збереження потребує введення в макроекономічний аналіз просторової координати, оскільки особливо важливо в цих умовах оцінити корисність збереження біофізичної працездатності цього капіталу в просторі біосфери.

Особливо актуальним є, на нашу думку, дослідження взаємозалежностей між енергетичними та речовинними

еквівалентом капіталу землі і допустимим обсягом економічної діяльності в просторі кожної наземної екологічної системи.

Як відомо, «робота» живої речовини біосфери, що забезпечує її стійкість, втілюється в сукупній щорічній продукції живої речовини ландшафтів, що оцінюються сьогодні в 750 трлн дол. США. Звісно, що цей розрахунок не можна сприймати як повну вартість таких екосистем. При цьому біосфера, на відміну від заводів і фірм, «випускає» свою продукцію 3,9 мільярдів років без перерви на «ремонт». Якщо продовжити аналогію, то сучасну вартість екосистем Землі можна оцінити, порівнявши її з продукцією біосфери за цей довготривалий період. За розрахунками вчених ця сума становитиме $5,5 \cdot 10^{30}$ Дж, або $2 \cdot 10^{24}$ дол. США [7; 8].

Кількісною мірою живої речовини є біомаса її щорічної продукції. Біомасою є кількість живої речовини, що припадає на одиницю площі чи обсягу місцезнаходження (г/м; кг/га; г/м³ тощо). Щорічна продукція живої речовини, як відомо, це фактично приріст біомаси на одиницю площі території за одиницю часу (наприклад за добу чи рік). Тобто це той обсяг додаткової вартості, джерелом якої є природа наземного простору біосфери. Ці індикатори мають знайти відображення в моделях новітньої макроекономіки, щоб запобігти ризикам втрати новоствореної додаткової вартості через відсутність відповідного обліку й оцінки. Неврахування вартості новоствореної продукції живої речовини як капіталу Землі є причиною «кривого віддзеркалення» подальших процесів, що відбуваються в економіці. Це зрештою призводить до виникнення нових спіралей інфляції та кризових явищ у ній, які не можна подолати за допомогою позик із міжнародних фінансових інституцій.

Отже, сучасний світ вимагає відновлення реальності в теорії макроекономічного аналізу через урахування в ньому нового чинника – продуктивності капіталу Землі в наземній біосфері. Адже економічна теорія використання простору (spatial economics) зосереджує свою увагу лише на таких величинах економічного життя, як відстані, площі та функції транспортних витрат. Як влучно висловився з цього приводу У. Ізард, все класична та неокласична економічна теорія обмежилася вивченням країни чудес, абстрагованої від будь-яких природно-просторових характеристик [8]. Проте саме через дослідження просторової функції капіталу Землі в економіці, можна підійти, на нашу думку, до збалансування різновекторних «інтересів» природи та економіки. У цьому контексті йдеться про запропоновану нами якісно нову просторову парадигму формування економіки сталого розвитку, яка за своєю сутністю є фізико-економічною парадигмою [8]. Основою цієї парадигми є концепція вбудови економіки в простір біосфери Землі. Це означає, що в новітньому макроекономічному аналізі необхідно звертати увагу і на умови самоорганізації, а отже, стійкості складних ЕСТС. У цих умовах знання та постулати неокласичної науки про ринкову економіку є недостатніми [10]. Бо, якщо згідно з неокласичною теорією макроекономіки кожен ринковий агент прагне максимізувати свій зиск (раціональна поведінка економічної людини), а егоїзму однієї людини протистоїть егоїзм іншої, вони десь узгоджуються (як ціна рівноваги зрівноважує по-

пит і пропозицію), то, очевидно, виникає питання «як слід трактувати різні господарські процеси та явища?», не лише з погляду їх корисності для економічного споживача, але насамперед з погляду їх корисності (чи шкідливості) для відтворення простору наземної біосфери, в якому працює економіка.

Очевидним є і те, що новітня макроекономіка (назвемо її «фізичною макроекономікою», оскільки економічні явища і процеси вона досліджує не лише в часових, а і просторових координатах біосфери) має базуватися на *якісно новій* (ускладненій) моделі колообігу ресурсів, продуктів і доходів. Сьогодні макроекономіка має досліджувати не лише питання, який, наприклад вплив на економічний добробут бідних і заможних людей чинять зміни у відсоткових ставках, рівень безробіття чи темп інфляції у державі. Вона повинна також з'ясувати, яким чином наявна дефіцитна сукупна пропозиція природних ресурсів і негативні зміни в родючості поверхні землі впливають на рівень відсоткових ставок, грошові потоки чи макроекономічну стабільність загалом. Важливою проблемою, яку повинна вирішувати новітня теорія фізичної макроекономіки сталого розвитку, на нашу думку, є проблема врахування впливу просторових ресурсопотоків наземної біосфери, які беруть участь у формуванні доданої вартості, на економічні процеси [11].

Отже, зобразимо основні макроекономічні пропорції, що існують у кожній національній економіці, виходячи з дослідження її як компоненти складної еколого-соціогосподарської системи, в ядрі якої є наземні підсистеми біосфери, що обмінюються з нею енергією, речовиною та біоінформацією (рис. 1).

Як видно з рис. 1, ускладнення самого об'єкта дослідження викликає необхідність розглядати всі соціоекономічні процеси в тісній взаємозалежності з обмінними природничими процесами в межах певного простору, що зумовлює появу нових елементів просторових макроекономічних пропорцій.

Такими елементами є інвестиції та заощадження біоінформації на поверхні Землі, продуктивність наземних екологічних (ландшафтних) систем та обсяг сукупної екологічної пропозиції Землі. Чому саме ці елементи ми імплементуємо в схему макроекономічних пропорцій національної економіки, яку досліджуємо з позиції фізико-економічних підходів? Тому що саме вони відповідають критерію фізико-економічної ефективності функціонування еколого-соціогосподарської системи держави в умовах обмежених природних ресурсів і екологічних благ. Ці елементи відображають стан взаємодії національної економіки з розвитком тієї наземної частини біосфери, в якій вона знаходиться, оскільки згідно з законами нерівноважної термодинаміки працездатність кожної наземної екологічної системи (НЕС) визначається обсягом її вільної енергії.

Про вільну енергію можна казати, що це частка внутрішньої енергії системи, яка може бути витрачена нею на виконання роботи і поповнена в процесі контакту з навколишнім середовищем [11]:

$$F = E + (T_{\sigma} - T_s), \quad (1)$$

де F – вільна енергія системи;

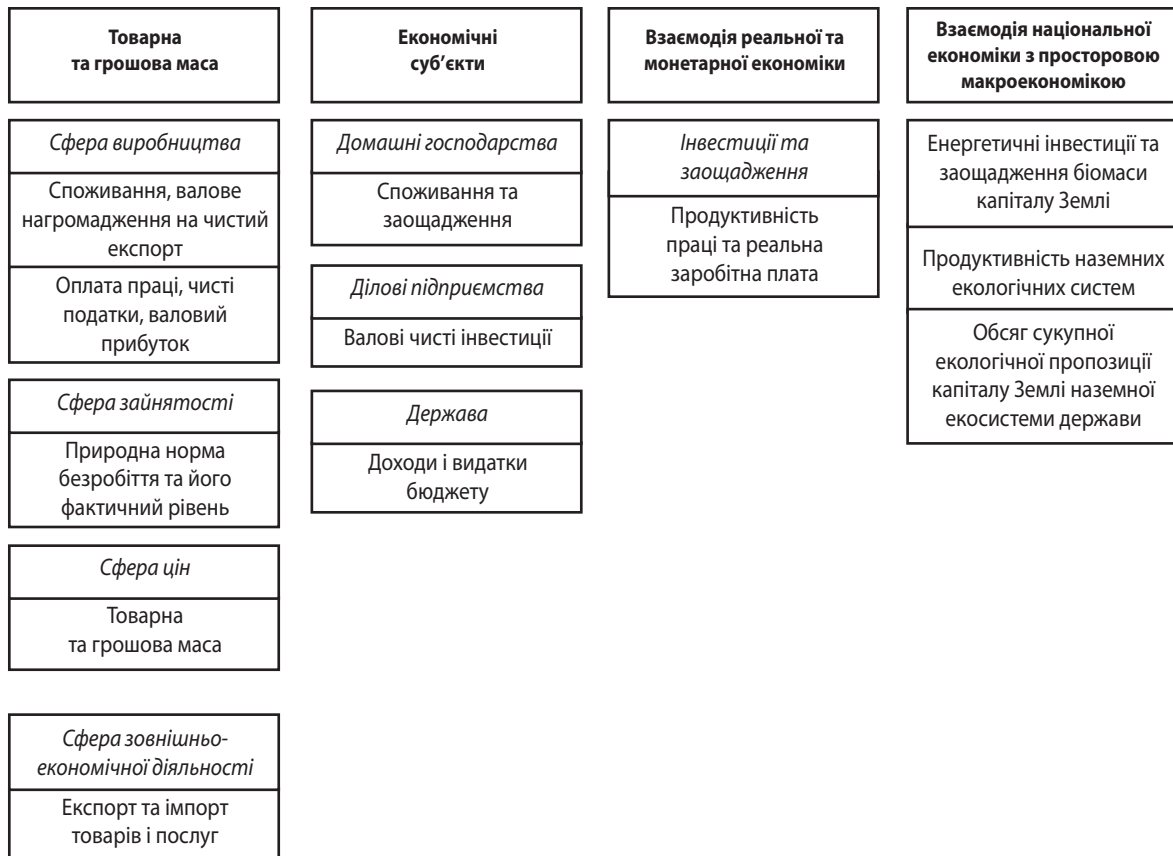


Рис. 1. Макроекономічні пропорції національної економіки як компоненти еколого-соціогосподарської системи держави

Джерело: [8]

E – внутрішня енергія системи;
 T – температура;
 σ – негентропія;
 s – ентропія;
 $(T_\sigma - T_s)$ – негентропійний бюджет системи ($P_{вн}$).

Таким чином, модель природного локального ринку, що існує в кожній наземній екологічній системі, можна зобразити на рис. 2.

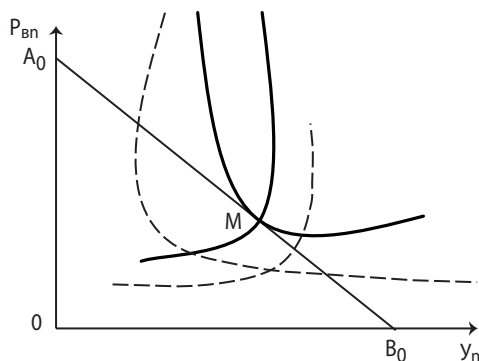


Рис. 2. Модель природного локального ринку

Як показано на рис. 2, у точці M спостерігається перетин кривих попиту і пропозиції, оскільки головним лімітуючим чинником функціонування кожного локального

природного ринку є бюджетне обмеження A_0B_0 , обумовлене обсягом природної впорядкованості T_σ , що має ціну $P_{вн}$. Це є «ринковий механізм» біогеоценозу.

Отже, негентропійний бюджет кожної НЕС як ядра ЕСГС держави є визначальною компонентою енергетичного бюджету Землі (за С. Подолинським). Тому його обсяг є тим індикатором, який має задавати той чи інший «сценарій» для здійснення господарської діяльності людей та «масштабу» їхньої економіки.

Якщо цей бюджет знижується, то, відповідно, має зменшуватись навантаження економіки на НЕС. Таким чином, симетрично буде знижуватись просторова природомісткість економіки загалом. Цей висновок є ключовим стосовно розуміння сутності і значення збереження стійкості просторової функції капіталу землі в кожній ЕСГС держави.

З іншого боку, постійність (стійкість) негентропійного бюджету кожної наземної екологічної системи детермінують її природну продуктивність згідно з законом В. Вернадського про збереження біомаси Землі [12].

Більш детально бюджетне обмеження для біофізичного виробництва зображено на рис. 3.

Як видно з рис. 3, зміщення лінії A_0B_0 вліво показує, як при зменшенні негентропійного бюджету системи буде зменшуватися обсяг біофізичної роботи, а отже, і можливість економічної роботи в наземній екосистемі кожної ЕСГС.

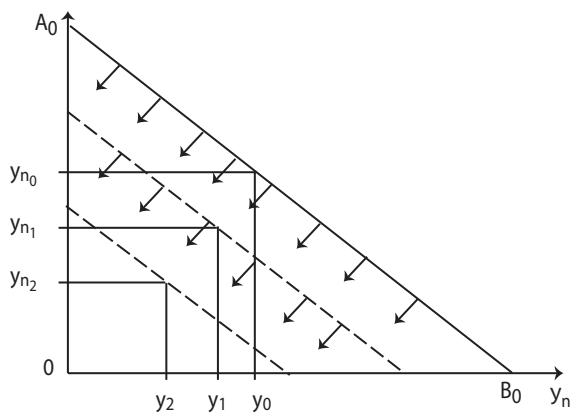


Рис. 3. Бюджетне обмеження для біофізичного «виробництва» в кожній природній наземній підсистемі ЕСГС

Отже, масштаб економічної «працездатності» кожної ЕСГС повинен визначатись на основі розрахунку біофізичної працездатності її наземної екосистеми, що дає змогу побудувати криву її продуктивних можливостей щодо екологічно сталого розвитку (рис. 4).

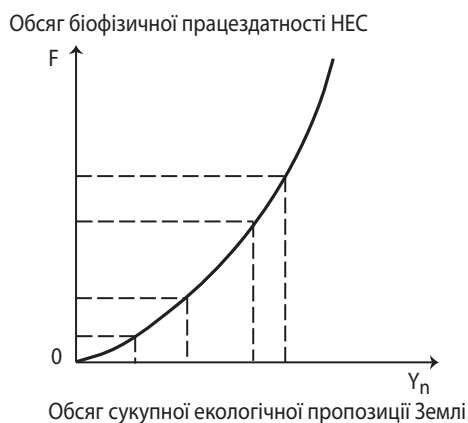


Рис. 4. Крива біофізичних продуктивних можливостей (НЕС) в кожній ЕСГС

Таким чином, при побудові схеми колообігу ресурсів, продуктів і доходів у фізичній макроекономіці треба врахувати такі фізико-економічні постулати:

- 1) національна (та й загалом світова) економіка є компонентом наземного простору біосфери, яка функціонує в ізометричному, а не адіабетичному режимі взаємодії з ним;
- 2) вона трактується підсистемою складної еколого-соціогосподарської системи (ЕСГС), яка враховує закономірності збереження стійкості простору наземної біосфери, що знаходиться в її ядрі, й обмінюється зі зовнішнім простором біосфери потоками енергії, речовини та біоінформації;
- 3) базується на системно-синергетичному підході до з'ясування умов самоорганізації складної ЕСГС, що дає змогу максимально забезпечити стійкість ресурсопотоків, які надходять із зовнішньої біосфери до її ядра (НЕС) і не допускати зниження її природної продуктивності.

Отже, об'єктом дослідження фізичної макроекономіки сталого розвитку є агреговані показники синергетичної ефективності функціонування складної ЕСГС держави.

Таким чином, можна узагальнити: фізична макроекономіка сталого розвитку досліджує проблеми, які повинна вирішувати кожна держава на макроекономічному рівні щодо забезпечення екологічної сталості, а саме:

- як зміни природної родючості землі впливають на параметри макроекономічної стабільності;
- вплив просторових природних ресурсопотоків на економічні процеси;
- дослідження початкового циклу збагачення (початок ланцюга створення додаткової вартості) в просторових координатах кожної НЕС держави;
- дослідження причин спаду обсягу капіталу Землі в просторі та його вплив на макроекономічні показники;
- дослідження взаємодії і взаємозв'язку між результативністю економіки та продуктивністю капіталу Землі в просторі тощо.

Розвиваючи фізичну макроекономіку як трансдисциплінарну науку, необхідно врахувати те, що ресурси біосфери є невичерпними лише за умови цілісності та неущожденості 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, забрудненні простору, а отже, в розриві узгоджених ланок взаємодії з нею наземних екологічних систем. Ці системи є зв'язуючою компонентою між економікою і біосферою, тому будь-яке фізико-економічне моделювання мусить враховувати закони саморегуляції процесів у них.

У цьому контексті особливо важливою в сучасній економічній науці постає проблема визначення таких норм антропотехногенного навантаження на наземні екологічні системи, які б були адекватними межах насиченості їх живою речовиною. Індикатором цього має бути, на нашу думку, фактичний обсяг щорічної продукції живої речовини в кожній ландшафтній системі [10].

Принципова відмінність таких екологічних норм від чинних полягає в тому, що вони відповідають вимогам «господарства» природи біосфери Землі і спрямовані на дотримання законів її збереження. Відомо, що теперішні норми навантаження господарської діяльності на наземні ландшафтні системи є за своєю суттю санітарно-гігієнічними, оскільки вони спрямовані передусім на інтереси людини і не пов'язані з біофізичними критеріями збереження довкілля. Водночас дотримання принципів побудови екологічно сталої економіки, зорієнтованих на запобігання негативним природним змінам, а не на їх компенсацію, як це прийнято зараз, потребує формування відповідної статистики біофізичних параметрів в економіці. Така статистика дасть змогу приймати рішення, адекватні до вимог збереження природного колообігу. Адже, як показують наукові дослідження, найбільшу загрозу для довкілля становлять збурення біогеохімічного колообігу таких елементів, як вуглець, азот, фосфор, сірка, що не відображені в чинних

екологічних нормах, оскільки такі збурення призводять до негативних змін не відразу, а в недалекому майбутньому.

Згідно з концепцією сталого розвитку основне призначення кожної ЕСГС – зберегти вільну енергію ландшафтів як умову стійкості їх біологічної продуктивності. Отже, економічна діяльність повинна бути спрямована на забезпечення цієї умови. З біофізики відомо, що незворотні процеси в природі настають тоді, коли природне довкілля стає неспроможним до самовідтворення через самоорганізацію. В цьому разі негентропійні тенденції розвитку змінюються на ентропійні. З цього моменту кожна природна система поступово втрачає здатність до відновлення й ускладнення своєї структури. Вона втрачає також здатність повертатись у вихідне положення, що зумовлює ще більше зниження її «робочої активності». Незважаючи на надходження негентропії із зовнішнього середовища через потоки сонячної енергії, вільна енергія в ній уже не може компенсувати дедалі більше зростання структурної ентропії. Її кількісною характеристикою є величина зниження обсягу щорічної продукції живої речовини, що відбувається у зв'язку зі зменшенням потенціалу негентропії в системі [8].

Так, скорочення частки гумусу в ґрунтах агроєкосистем унаслідок збільшення в них ентропії призводить до значного зниження їхньої врожайності. Зменшення вмісту органічних речовин у лікувальних мінеральних водах істотно знижує медичну ефективність їх використання, а отже, й економічну ефективність рекреаційних еколого-соціогосподарських систем. Таким чином, негентропійна функція, яку виконує капітал Землі, щодо відтворювальних процесів у біосфері, в економіці має інші цілі й критерії, ніж виробнича. Вона спрямована на нарощування не економічних, а екологічних благ через збереження біофізичної впорядкованості (негентропії) у кожній локальній, регіональній чи державній еколого-соціогосподарській системі. Це дало нам можливість підійти до обґрунтування теорії сталого розвитку ЕСГС [8].

Якщо на основі виробничої функції економіки сукупну пропозицію економічних благ визначають через ринковий механізм, то за допомогою негентропійної функції капіталу Землі можна визначити сукупну екологічну пропозицію Землі виходячи із законів біофізичної організації простору біосфери. Таким чином можна підійти до формування якісно нових механізмів реалізації Концепції сталого розвитку в економіці. Розглянемо ці питання детальніше.

Як ми вже зазначали, згідно з законами нерівноважної термодинаміки, капітал Землі в кожній ландшафтній системі можна трактувати як запас (акції) вільної енергії F , яка, залежно від стану нагромадженої і природної впорядкованості σ і неупорядкованості S , формує потенціал працездатності такої системи. Отже, екологічну пропозицію Y_n можна розглядати як функцію енергетичного еквівалента просторової функції капіталу Землі (див. формулу 1).

Тоді умовами екологічно сталого розвитку просторової ЕСГС будуть:

$$T_\sigma \geq TS_R. \quad (2)$$

Що ми розуміємо під поняттям «екологічна пропозиція» Землі? Це такий обсяг пропозиції щорічної продукції живої речовини, який забезпечує стійкість заданих природою механізмів процесів обміну енергією, речовиною та

біоінформацією на локальній території ландшафту, створюючи умови для його відтворення. Ця пропозиція має нормативний і фактичний вимір.

Просторова неоднорідність біосфери, згідно з ученням В. І. Вернадського, регламентує природний рівень упорядкованості в наземних екологічних системах – ландшафтах, який не можна порушувати в процесі господарювання. Однак із погляду максимального забезпечення працездатності біосфери, тобто кожного локального біогеоценозу, нам важливо визначити межу природної впорядкованості, яка необхідна для його відтворення. Головними умовами в цьому контексті є:

$$Y_n \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\sigma \rightarrow 1. \quad (4)$$

Отже, моделюючи обсяг екологічно сталої господарської діяльності в просторі ЕСГС, потрібно враховувати оцінку не лише економічного споживача, але біофізичного попиту на неї локального довкілля. Графічне зображення оцінки біофізичного попиту наведено на рис. 5.

Як видно з рис. 5, є декілька параметрів, що формують такі оцінки (P_{vp}): OL – внутрішній потенціал працездатності ЕСГС (внутрішня енергія E); LM – пропозиція вільної енергії (енергетична характеристика екологічної пропозиції) у межах біофізичної доцільності навантажень на ЕСГС; NK – попит на потенціал працездатності ЕСГС виходячи з потреб економіки.

Тоді за обсягу вільної енергії ЕСГС F , F^* , що свідчить про збільшення допустимої працездатності системи і антропогенного навантаження на неї, економічна оцінка збереження її біофізичної стійкості зростає на OP_{vp} .

Звідси можна зробити такий висновок. Якщо в економіці цінність економічного блага традиційно визначають за суб'єктивним вибором та оцінками споживача, то в сучасному періоді ноосферного розвитку економіки пріоритетними мають стати оцінки фізичного вибору збалансованості ЕСГС, що полягає в нарощуванні працездатності біосфери Землі.

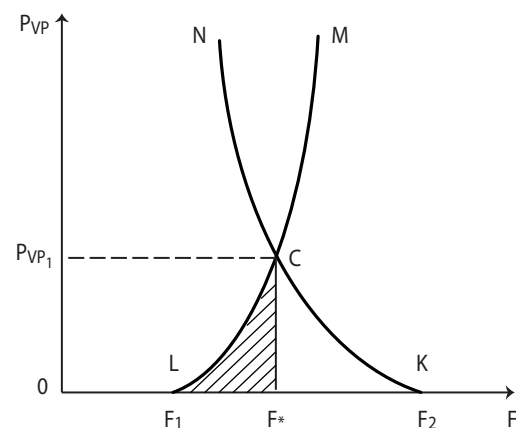


Рис. 5. Оцінка біофізичної доцільності навантажень на ЕСГС

Отже, максимально корисна «робота» природних підсистем завжди пов'язана з термодинамічними функціями вільної енергії F , обсяг якої просторово детермінований. Виробнича функція кожної локальної ЕСГС є похідною від

термодинамічних функцій вільної енергії капіталу Землі. Саме збереження цієї енергії визначає працездатність природної підсистеми, а отже, і працездатність кожної ЕСГС.

На макроекономічному рівні це означатиме, що обсяг ВВП, створеного в національній економіці, зумовлений не лише суто економічними компонентами:

$$Y = C + I + G + NX, \quad (5)$$

де C – споживання;

I – інвестиції;

G – державні закупівлі;

NX – чистий експорт, але й біофізичними компонентами агрегованого показника сукупної екологічної пропозиції ЕСГС держави Y_1 :

$$Y_1 = C_1 + I_1 - S_1, \quad (6)$$

де C_1 – обсяг внутрішньої енергії в процесі біофізичної та соціоекономічної роботи в ЕСГС держави;

I_1 – інвестиції негентропії, що надходить з енергією Сонця;

S_1 – обсяг ентропії, що утворюється у зв'язку з виконанням в ЕСГС біофізичної та соціоекономічної роботи.

Отже, екологічна пропозиція Землі в кожній ландшафтній системі є тим індикатором, що відображає її біофізичну продуктивність. Якщо у вологих широколистяних лісах вона становить 130 ц/га, то у вологих дрібнолистяних лісах – 120 ц/га, у трав'яних луках – 765 ц/га, а в степах – 12, 2 ц/га [13].

Нині завдання фізико-економічного моделювання полягає в тому, щоб здійснювати економічну діяльність у тих межах, які дозволять зберегти цю природну константу в НЕС. Адже непомірне збільшення економічного навантаження на природні системи в процесі господарської діяльності збільшує її просторову природомісткість, що призводить до різних негативних змін у природі. Це створює мультиплікативний ефект, унаслідок чого картина сучасного світу стрімко змінюється.

Сьогодні в Україні середня температура значно вища, ніж у попередні десять років (на 0,3–0,6°C), тоді як за минуле сторіччя вона зросла лише на 0,7°C. Це зумовлює інтенсивніше випаровування вологи з поверхневого шару ґрунту, як результат – на піщаних дюнах Полісся триватиме опустелювання. На півдні України підвищення температури може спричинити посилення процесів підтоплення. Глобальні зміни клімату через зростання просторової природомісткості економіки призводять, з одного боку, до збільшення ареалів і розповсюдження добре адаптованих видів із широкою екологічною амплітудою, і скорочення популяції та зникнення слабо адаптованих видів і з вузькою амплітудою – з іншого.

Щоб запобігти цим негативним екологічним явищам, потрібно постійно здійснювати моніторинг за продуктивністю капіталу Землі на основі запропонованої нами методики, наведеної в монографії «Фізична економія: нові моделі сталого розвитку» [8].

Отже, можна зробити такі **висновки**:

- економіка екологічно сталого розвитку, на відміну від економіки зростання, має базуватись на синергетичній парадигмі, оскільки характеризується синергетичною ефективністю;

- фізична макроекономіка обґрунтовує, що економіка, крім виробничих функцій, має здійснювати функцію перетворення біоінформації, що надходить з Космосу до поверхні Землі, на ефективну роботу. Ця функція – ноосферна функція економіки сталого розвитку;

- системно-синергетична методологія вивчення економіки як підсистеми біосфери Землі є міждисциплінарною і базується на дослідженні просторових еколого-соціогосподарських систем, де господарські підсистеми є функціонально залежні від стану відтворення природи наземних екологічних систем і стану їх «природного» ринку.

Для відтворення ЕСГС держави ключовим завданням є збереження стійкості стаціонарних станів її наземної екосистеми. Тому при її порушенні треба негайно реагувати, знижуючи на неї тиск соціогосподарської підсистеми. Саме макроеконометричні моделі фізичної новітньої економії ілюструють зміни стану речей в ЕСГС (тобто зміни параметрів їх цільових показників) під впливом як об'єктивних, так і суб'єктивних чинників.

Це вони можуть здійснювати за допомогою оцінки відповідних фізико-економічних мультиплікаторів, які характеризують ступінь опосередкованого впливу якогось суб'єктивного чинника на цільовий показник (ідентифікатор мети), за яким ведеться оцінка стану речей в ЕСГС держави.

Новітнє фізико-економічне моделювання дає можливість відобразити механізм функціонування і регулювання складної ЕСГС держави не тільки якісно, але і кількісно. Все це може стати підґрунтям для:

- прогнозування тенденцій збереження продуктивності капіталу Землі та сталого розвитку ЕСГС держави;
- формування превентивної державної політики сталого розвитку (ДПСР);
- цільового державного та регіонального програмування конкретних заходів на шляху до сталого розвитку національної економіки;
- обґрунтування нових цілей і напрямів державного програмування, дій уряду та органів місцевого самоврядування стосовно впровадження системи державного протекціонізму щодо впровадження просторового макроекономічного регулювання землекористування в Україні тощо.

Отже, можна виокремити такі інноваційні домінанти обґрунтованої нами фізичної макроекономіки сталого розвитку:

1. Економіка розглядається вбудованою в простір біосфери Землі, тобто як складна ЕСГС, в ядрі якої існує НЕС.
2. Обґрунтовано новий чинник сталого розвитку – Землю та її природну родючість як інфляційно-стійкий фізико-економічний актив і первинне джерело циклів збагачення в економіці.
3. Змодельовано нову функцію сталого розвитку – функцію екологічної пропозиції Землі.
4. В макроекономічний аналіз імплементовано закони В. Вернадського про збереження біомаси та просторову неоднорідність біосфери.

5. Просторовий детермінізм, що базується на концепції просторової функції капіталу Землі;
6. Обґрунтовано фізико-економічну модель колообігу ресурсів, продуктів, доходів.
7. Закладено основи фізико-економічної теорії капіталу Землі.
8. З'ясовано сутність біоенергетичного бюджету (потенціалу) Землі та його внесок у формування ланцюгів доданої вартості в економіці.
9. Обґрунтовано фізико-економічні індикатори сталого розвитку національної економіки.
10. Концептуальні підходи до формування фізико-економічної теорії вартості та відповідної моделі монетарної економіки [10].

Водночас застосування в практиці господарювання фізичного макроекономічного аналізу надасть можливість запобігти зниженню обсягу продукування наземними екологічними системами екологічних благ, які є джерелом природних ресурсопотоків для економіки та гарантом збереження стійкості наземного простору біосфери та його відтворення. У цьому контексті значення фізичного макроекономічного аналізу полягає в такому:

1. Є орієнтованим на збереження «плівки життя».
2. Сприяє зниженню просторової природомісткості економіки.
3. Протидіє сировинно-рентній моделі розвитку, оскільки базується на системі просторових екологічних обмежень господарювання.
4. Дає можливість запобігти втратам родючості землі через впровадження в систему державного менеджменту контролю за станом індикаторів обсягу сукупної екологічної пропозиції землі та фізико-економічної стійкості ВВП.
5. Сприяє природній капіталізації національної та світової економіки.

Моделювання функцій в системі фізичної макроекономіки сталого розвитку, зокрема, функції екологічної пропозиції Землі, яка має забезпечити самоорганізацію екологічної стійкості економіки в наземному просторі біосфери, дасть змогу сформулювати якісно нову, ноосферну модель сталого розвитку економіки в ХХІ ст., яка враховуватиме негентропійний феномен розвитку Всесвіту. Це, своєю чергою, дає можливість сформулювати нові інституційні рамки для сталого розвитку світу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Davos 2020: What mattered. 2020. URL: <https://www.mckinsey.com/about-us/new-at-mckinsey-blog/davos-2020-four-big-themes>
2. «COME ON!» – ЮВІЛЕЙНА ДОПОВІДЬ РИМСЬКОГО КЛУБУ. 2017. URL: <http://vsvittranslate.blogspot.com/2017/12/come-on.html>
3. Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетное явление. Кн. 2. М.: Наука, 1977. 191 с.
4. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 324 с.
5. Перельман А. И. Геохимия биосферы. М.: Наука, 1973. 166 с.
6. Екологічна Конституція Землі. Методологічні засади. Ч. 2 / за ред. Ю. Ю. Туниці. Львів: РВВНЛТУ України, 2011. 112 с.
7. Гринів Л. С. Міждисциплінарні засади формування просторової макроекономіки сталого розвитку. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2018.
8. Гринів Л. С. Фізична економія: нові моделі сталого розвитку: монографія. Львів: Ліга-прес, 2016. 425 с.
9. Рубин А. Б. Термодинамика биологических процессов. М.: Изд-во МГУ, 1984. С. 90–95.
10. Hryniv L. Transdisciplinary approach to sustainability: new models and possibilities // *Ecological economics and sustainable forest management* / ed. by I. P. Soloviy, W.S. Keeton. Lviv: UNFUP, 2009. P. 85–96.
11. Гринів Л. С. Розвиток ідей В. Вернадського в новітній економічній науці. *Вісник НАН України*. 2013. № 17. С. 44–52.
12. Вернадський В. И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 357 с.
13. Базилевич В., Базилевич К., Баластрик Л. Макроекономіка / за ред. В. Базилевича. Київ: Знання, 2008. 871 с.
14. Манків Т. Макроекономіка. Київ: Основи, 2000. 588 с.

REFERENCES

- Bazylevych, V., Bazylevych, K., and Balastryk, L. *Makroekonomika* [Macroeconomics]. Kyiv: Znannia, 2008.
- “«COME ON!» – ЮВІЛЕЙНА ДОПОВІДЬ РИМСЬКОГО КЛУБУ” [«COME ON!» – ANNIVERSARY REPORT OF THE ROMAN CLUB]. 2017. <http://vsvittranslate.blogspot.com/2017/12/come-on.html>
- “Davos2020: What mattered”. 2020. <https://www.mckinsey.com/about-us/new-at-mckinsey-blog/davos-2020-four-big-themes>
- Ekolohichna Konstytutsiia Zemli. Metodolohichni zasady. Ch. 2* [Ecological Constitution of the Earth. Methodological Principles. Part 2]. Lviv: RVVNLТУ Ukraine, 2011.
- Hryniv, L. “Transdisciplinary approach to sustainability: new models and possibilities”. In *Ecological economics and sustainable forest management*, 85-96. Lviv: UNFUP, 2009.
- Hryniv, L. S. “Rozvytok idei V. Vernadskoho v novitnii ekonomichnii nauzi” [The Development of V. Vernadsky's Ideas in Modern Economics]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no. 17 (2013): 44-52.
- Hryniv, L. S. *Fizychna ekonomii: novi modeli staloho rozvytku* [Physical Economy: New Models of Steel Development]. Lviv: Liha-pres, 2016.
- Hryniv, L. S. *Mizhdystyplinarni zasady formuvannia prostorovoi makroekonomiky staloho rozvytku* [Interdisciplinary Principles of Formation of Spatial Macroeconomics of Sustainable Development]. Lviv: LNU im. I. Franka, 2018.
- Mankiv, T. *Makroekonomika* [Macroeconomics]. Kyiv: Osnovy, 2000.
- Perelman, A. I. *Geokhimiya biosfery* [Geochemistry of the Biosphere]. Moscow: Nauka, 1973.
- Rubin, A. B. *Termodinamika biologicheskikh protsessov* [Thermodynamics of Biological Processes]. Moscow: Izd-vo MGU, 1984.
- Vernadskiy, V. I. *Khimicheskoye stroeniye biosfery Zemli i yee okruzheniya* [The Chemical Structure of the Earth's Biosphere and Its Surroundings]. Moscow: Nauka, 1965.
- Vernadskiy, V. I. *Razmyshleniya naturalista. Nauchnaya mysl kak planetnoye yavleniye* [Reflections of a Naturalist. Scientific Thought as a Planetary Phenomenon], vol. 2. Moscow: Nauka, 1977.
- Vernadskiy, V. I. *Zhivoye veshchestvo* [Living Substance]. Moscow: Nauka, 1978.

Стаття надійшла до редакції 12.08.2020 р.