

DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-59-88>

УДК 330.3:519.8

Курилюк Михайло Михайлович

аспірант,

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4738-6067>**Mykhailo Kuryliuk**

Vasyl Stefanyk Carpathian National University

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ ТА СТІЙКІСТЬ ЕКОСИСТЕМ ЯК ЧИННИКИ СТАЛОГО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND ECOSYSTEM SUSTAINABILITY AS FACTORS OF SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGIONS

Анотація. У статті запропоновано модель комплексного впливу екологічної стійкості, природних ресурсів, інновацій, інституційної якості на забезпечення сталого економічного розвитку. Концепція екологічної стійкості визначається через біоемність як здатність екосистем надавати необхідні послуги та ресурси для добробуту людей і довгострокового сталого зростання. Встановлено суттєвий позитивний вплив біоемності на ВВП, явну перевагу в сприянні сталому економічному прогресу регіонів, наділених багатим біорізноманіттям. Обґрунтовано багатогранні переваги сильних інституцій, які не тільки підвищують економічну ефективність, але й стимулюють інвестиції, продуктивність та інновації, що в кінцевому підсумку призводить до стійкого та довгострокового зростання. Встановлено вагомий позитивний вплив технологічних інновацій на стійке економічне зростання, що підкреслює необхідність забезпечення сприятливого середовища для інновацій через політику, інвестиції та співпрацю між державним і приватним секторами.

Ключові слова: інновації, сталий розвиток, стійкість екосистем, інституційна якість, інвестиції, регіон.

Summary. The article proposes a model of the integrated impact of environmental sustainability, natural resources, innovation, and institutional quality on ensuring sustainable economic development. Ecosystem resilience, defined as its ability to withstand and recover from shocks, including climate change and epidemics, is key to sustainable economic development. Innovative practices, technologies, and business models can enhance resource productivity, reduce environmental impacts, and promote inclusive growth. Innovation can also increase resilience to external shocks and facilitate the transition to green growth. In conjunction with biocapacity, institutional efficiency plays a primary role in promoting sustainable economic development. This aspect concerns the quality and effectiveness of public institutions, as well as adherence to the principles of good governance and the rule of law. The proposed model considers sustainable development through the prism of such variables as gross domestic product per capita, natural resource rent, number of registered patents, institutional quality index, trade turnover to GDP ratio, biocapacity. The long-term and short-term impact of environmental sustainability, institutional quality, natural resource productivity, innovation and trade openness on the sustainable economic development of Ukraine is analyzed. The results obtained showed a positive and significant relationship between biocapacity and GDP per capita in the long term. An increase in environmental sustainability by one percent leads to an increase in sustainable economic development by an average of 0.193 points. This demonstrates that rich biodiversity in the ecosystem allows you to resist disturbances and achieve sustainable economic development. A positive and significant impact of institutional quality on sustainable economic development is established. This shows that a one percent improvement in institutional quality leads to an average increase in sustainable economic development of 0.161 percent in the long run. The short-term dynamics of the variables showed that in the near term, an increase in biocapacity or institutional quality may not have the expected positive impact on economic development. The impact of other variables is also not significant in the short term. This suggests that in the near term, fluctuations or changes in these factors may not have a noticeable impact on economic development.

Keywords: innovation, sustainable development, ecosystem resilience, institutional quality, investment, region.

Постановка проблеми. Сталий економічний розвиток є багатовимірною концепцією, яка охоплює не лише економічне зростання, але й соці-

альні аспекти та захист навколишнього середовища. Досягнення сталого економічного розвитку вимагає збалансування використання природних



ресурсів із збереженням екологічної стійкості, яка є здатністю екосистем підтримувати свої функції та значення [1,2]. Стійкість екосистеми, яка визначається як її здатність протистояти збуренням, включаючи зміни клімату, епідемії, а також відновлюватися після них, має ключове значення для сталого економічного розвитку.

Стале управління екосистемами передбачає використання екосистем таким чином, щоб захистити їх від пошкодження та зберегти їхню здатність постачати життєво важливі елементи та послуги. Водночас, видобуток ресурсів і економічний розвиток можуть спричиняти помітний несприятливий вплив на стійкість екосистеми, тим самим підриваючи довгострокове економічне зростання та суспільний добробут. Це потенційно може перешкодити досягненню сталого розвитку, який є метою економічного прогресу. Проблема полягає у тому, як можна оптимізувати продуктивність ресурсів, сприяти технологічним інноваціям і зміцнювати стійкість екосистеми таким чином, щоб забезпечити стійке довгострокове зростання.

Вагому роль у сприянні сталому економічному розвитку відіграють інновації. Інноваційні практики, технології та бізнес-моделі можуть сприяти продуктивності ресурсів, зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище та сприяти інклюзивному зростанню. Крім того, інновації можуть підвищити стійкість до зовнішніх шоків і полегшити перехід до зеленого зростання. Проте одних лише технологічних інновацій недостатньо для забезпечення сталого розвитку регіонів. Це також вимагає сприятливого інституційного та політичного середовища, яке сприятиме інноваціям, полегшить співпрацю та забезпечить підзвітність [3]. У свою чергу, це вимагає цілісного розуміння взаємозалежностей і компромісів між природними ресурсами, технологіями та екосистемами.

Таким чином, актуальним є дослідження, як екологічна стійкість, природні ресурси, інновації, інституційна якість взаємодіють і впливають одне на одного в контексті сталого економічного розвитку. Це забезпечує комплексне та цілісне розуміння можливостей і проблем, з якими стикаються при досягненні цілей сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд літератури вказує на значну кількість досліджень, які аналізують вплив природних ресурсів, інституційної якості, інновацій на економічне зростання. Модельні конструкції такого впливу знаходимо у вітчизняних працях В. Біленко [4], О. Ковальчук, О. Гирили [5]. В розрізі ресурсно-екологічної складової відзначаємо праці І. Пивавар, О. Пономаренка, О. Дьячкової [6], Д. Тарасенка [7]. Інвестиційно-інноваційна складова розглядається у працях Л. Бондаренко, А. Блавт [8], І. Васильчук, А. Соколова [9], Я. Гуменюка, З. Ткачова [10].

Серед іноземних досліджень роль інновацій у подоланні глобальних викликів, включаючи зміну клімату, сталий розвиток і соціальну нерівність відзначаємо у працях П. Вімальнат [11], С. Франко [12]. Аналізу впливу продуктивності ресурсів та інновацій на стійкість екосистеми присвячено дослідження А. Сміт [13].

Однак аналіз існуючих досліджень вказує на прогалини в оцінюванні ролі та міри впливу екологічної стійкості на економічні показники і сталість розвитку.

Метою статті є розробка моделі комплексного впливу екологічної стійкості, природних ресурсів, інновацій, інституційної якості на забезпечення сталого економічного розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теорія екологічної залежності наголошує на вирішальній ролі білемності у формуванні сталого економічного розвитку [2]. Біоємність, визначена як здатність екосистем забезпечувати відновлювані біологічні ресурси та поглинати відходи, утворені діяльністю людини, виступає як життєво важливий показник для вимірювання природних ресурсів, доступних людському суспільству. Ця концепція підкреслює фундаментальну потребу у визнанні та використанні регенеративних можливостей екосистем, щоб стабільно задовольняти потреби суспільства. У поєднанні з біоємністю інституційна ефективність відіграє першорядну роль у сприянні сталому економічному розвитку [3]. Цей аспект стосується якості та ефективності державних інституцій, а також дотримання принципів належного врядування та верховенства права.

Важливим аспектом є формування стратегій, за допомогою яких можна оптимізувати продуктивність ресурсів, сприяти технологічним інноваціям і підвищувати стійкість екосистеми. Біоємність, визначена як екологічна здатність екосистеми генерувати біологічні ресурси, що використовуються людьми, і поглинати відходи [14], служить потенційним показником екологічної стійкості. Примітно, що висока біоємність свідчить про багате біорізноманіття та екосистему, яка більш здатна протистояти збуренням [15].

Одиницею виміру біоємності є глобальний гектар (гга), що представляється як умовний гектар з середньосвітовим рівнем продуктивності. Цю величину порівнюють з величиною людського попиту на біоємність, що називається екологічним слідом (ЕФ).

На рисунку 1 наведено значення біоємності та екологічного сліду на одну особу в Україні протягом 1992–2022 років.

Сталий розвиток розглядаємо через призму таких змінних як валовий внутрішній продукт на душу населення (V), природно-ресурсна рента (PR), кількість зареєстрованих патентів (TI), індекс інституційної якості (WGI), співвідношення

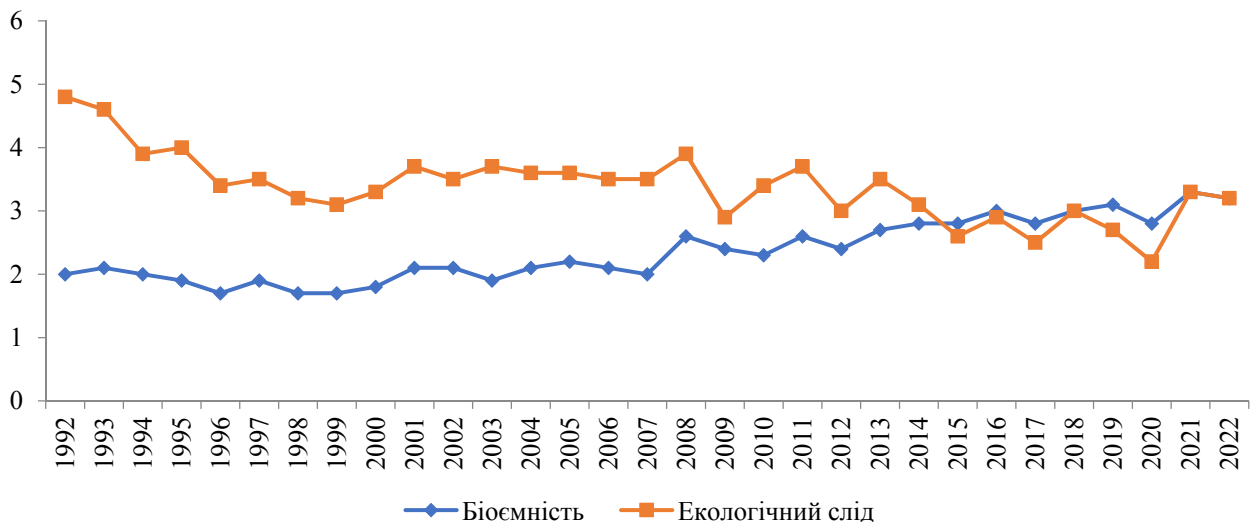


Рисунок 1 – Біоемність (гга) та екологічний слід (гга) на одну особу в Україні протягом 1992–2022 років

Джерело: сформовано автором на основі [16]

торгового обороту до ВВП (TR), біоемність (BC). Функціональна залежність задається виразом:

$$V = f(PR, TI, WGI, TR, BC) .$$

Однією з форм наведеної залежності може бути лінійна:

$$V_i = \alpha_{i0} + \alpha_{i1}PR + \alpha_{i2}TI + \alpha_{i3}WGI + \alpha_{i4}TR + \alpha_{i5}BC + \varepsilon_i ,$$

де ε_i включає стохастичну складову, яка враховує фактори, що не спостерігаються, і випадкову варіацію даних.

Важливо оцінити наявність перехресної залежності вибраних змінних, оскільки вони можуть мати взаємозв'язки, які можуть бути негативними чи позитивними, особливо в панельному аналізі поперечного перерізу. Нехтування впливом перехресної залежності може призвести до суперечливих і ненадійних стандартних помилок для оцінених параметрів. Щоб вирішити цю проблему використовується тест перехресної залежності, запропонований Песаран [17]:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N-1} \rho_{ij} .$$

За наявності залежностей між змінними можна використовувати тести одиничного кореня «другого покоління», які пропонують надійні оцінки коефіцієнтів і ефективно вирішують проблеми, пов'язані з перехресною залежністю і неоднорідністю. Зокрема, застосовують розширені тести Дікі-Фуллера (DF) і Песарана (CSD) [18]. Ці тести спеціально розроблені для отримання надійних і точних результатів за наявності поперечної залежності змінних.

В рамках аналізу панельних даних важливо вирішити проблему одночасних корельованих

ефектів. Щоб вирішити цю проблему, Вестерлунд [19] розробив модель корекції помилок (ЕСМ), яка включає тест структурної динамічної коінтеграції. Інноваційний підхід об'єднує повний набір статистичних інструментів, включаючи статистичні дані групових і панельних тестів. Ці статистичні дані відіграють фундаментальну роль в оцінюванні зв'язків і динаміки в панелі даних. Рівняння (1) представляє цей тест, інкапсулюючи складну взаємодію змінних і коефіцієнтів, надаючи розуміння величини та значущості взаємозв'язків, що розглядаються.

$$\Delta y_{it} = \delta_t \alpha_t + \varphi_t (y_{it-1} - \beta_t x_{it-1}) + \sum_{j=1}^{k_t} \varphi_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=1}^{k_t} \chi_{ij} \Delta x_{it-j} + \varepsilon_{it} . \quad (1)$$

Застосовуючи структуру ЕСМ та пов'язані з нею статистичні тести, отримують більш тонке розуміння динаміки та взаємозалежностей, присутніх у панельних даних, сприяючи надійному та точному аналізу.

Швидкість, з якою система повертається до стабільного стану, є важливим фактором, позначеним символом $\hat{\varphi}_i$. Для обчислення тестових статистичних даних використовуються наступні рівняння:

$$H_t = \frac{1}{N} \sum_i \frac{\varphi_i}{E(\hat{\varphi}_i)}, \quad H_\tau = \frac{1}{N} \sum_i \frac{T \varphi_i}{\hat{\varphi}_i(1)} .$$

У цих рівняннях H_t є тестова статистика групової гетерогенності, яка вимірює середню швидкість конвергенції окремих одиниць у межах панелі до рівноваги, N представляє загальну кількість одиниць у наборі даних панелі, $\hat{\varphi}_i$ виражає швидкість адаптації окремої одиниці або швид-

кість, з якою здійснюється повернення до стійкого стану. $E(\hat{\phi}_i)$ позначає стандартну помилку оціненої швидкості коригування для кожного окремої одиниці. H_i представляє тестову статистику однорідності групи. Ця статистика вимірює середню швидкість конвергенції для всього набору даних панелі. T представляє кількість періодів часу в панелі даних. $\hat{\phi}_i(1)$ є оцінена швидкість налаштування для кожної одиниці на першому лагу.

Наступне рівняння представляє тестову статистику неоднорідності панелі, позначену як P_i :

$$P_i = \frac{1}{N} \sum_i \frac{\hat{\phi}_i}{E(\hat{\phi}_i)}.$$

Ця статистика вимірює середню швидкість конвергенції набору даних панелі.

Рівняння $P_i = T\hat{\phi}$ представляє тестову статистику для однорідності панелі. Ця статистика вимірює середню швидкість конвергенції для всього набору даних панелі. T означає кількість періодів часу в панелі даних, $\hat{\phi}$ є середня розрахункова швидкість налаштування для всіх одиниць на панелі.

Наведені вище рівняння використовують у проведеному комплексному аналізі поведінки системи, оцінюванні неоднорідності груп і панелей, визначенні швидкостей конвергенції окремих одиниць і панелі до рівноваги.

Метод групового розширеного середнього (AMG) використовується для оцінки лінійних панельних моделей із неоднорідними коефіцієнтами за допомогою середнього регресії окремих часових рядів. Він також відомий як оцінка середньої групи (MG). Метод можна використовувати для аналізу нестационарних панельних даних, які містять одиничні корені або стохастичні тренди. Перевага регресійної моделі AMG полягає в тому, що вона допускає перехресну залежність і неоднорідність серед панельних одиниць, які є загальними рисами макроекономічних панельних даних [20]. Регресійна модель AMG також може обробляти коінтеграцію та виправлення помилок серед змінних панелі. Однак регресійна модель AMG також має деякі недоліки, такі як низька ефективність і потенційна неузгодженість, якщо кількість періодів часу невелика або перехресна залежність сильна. Тому використовують альтернативні оцінки, такі, наприклад, як оцінка MG із загальними корельованими ефектами. Початковий етап оцінки AMG представляє рівняння:

$$\Delta y_{jt} = \delta_i + \beta_i \Delta x_{it} + \mu_i \phi_i + \sum_{t=n}^T \varphi_{ij} \Delta D_t + \varepsilon_{it}.$$

Це рівняння містить константи δ_i , спостережувані дані y_{jt} , x_{jt} , загальний латентний компонент, що характеризується як $\hat{\phi}_i$, залежний від часу фіктивний коефіцієнт $\hat{\phi}_{ij}$.

Рівняння, що представляє другу стадію оцінки:

$$\hat{\beta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{\beta}_i.$$

Також важливо вивчити короткострокові коефіцієнти еластичності визначених детермінантів сталого економічного розвитку. Це може бути досягнуто за допомогою моделі корекції помилок (ЕСМ):

$$\Delta V_i = \alpha_{i0} + \alpha_{i1} \Delta PR + \alpha_{i2} \Delta TI + \alpha_{i3} \Delta WGI + \alpha_{i4} \Delta TR + \alpha_{i5} \Delta BC + \lambda_i ECM + \varepsilon_i.$$

Коефіцієнти α_{ik} фіксують безпосередні наслідки або впливи незалежних змінних на залежну змінну протягом заданого періоду. Ці коефіцієнти кількісно визначають величину та напрям короткострокового зв'язку між змінними. Крім того, рівняння включає параметр λ_i ЕСМ, що показує рух від короткострокової динаміки до довгострокової рівноваги. Це означає швидкість, з якою система повертається до своїх довгострокових тенденцій після будь-яких короткочасних відхилень. Цей параметр особливо важливий для розуміння стійкості та збіжності змінних у часі. Розглядаючи ці параметри разом, рівняння забезпечує комплексну основу для аналізу та моделювання взаємозв'язку між змінними, що представляють інтерес, враховуючи як короткострокову динаміку, так і довгострокову рівновагу, одночасно визнаючи наявність випадкових коливань і не спостережуваних впливів.

Проаналізуємо довгостроковий і короткостроковий вплив екологічної стійкості, інституційної якості, продуктивності природних ресурсів, інновацій і відкритості торгівлі на сталий економічний розвиток України. Емпіричні дані, представлені в таблиці 1, вказують на оцінку довгострокової та короткострокової еластичності цих детермінантів. Отримані результати показують позитивний і значний зв'язок між біоекономією та ВВП на одну особу в довгостроковій перспективі. Підвищення екологічної стійкості на один відсоток призводить до підвищення сталого економічного розвитку в середньому на 0,193 пункти. Це демонструє, що багате біорізноманіття в екосистемі дозволяє протистояти збуренням і досягати сталого економічного розвитку. По суті, наявність різноманітних та стійких екосистем дає змогу ефективніше долати виклики та просувати сталий розвиток. Це узгоджується з уявленням про те, що надійне природне середовище є наріжним каменем для довгострокового економічного процвітання, і підкреслює важливість екологічної стійкості як критичного фактора сталого економічного зростання.

Крім того, існує позитивний і значний вплив інституційної якості на сталий економічний розвиток. Це демонструє, що покращення інституційної якості на один відсоток призводить до збільшення

Таблиця 1 – Регресійна модель AMG

	Коефіцієнти	Стандартна помилка	t-значення	p-значення
BC	0,193	0,058	2,816	0,003
WGI	0,161	0,034	5,382	0,000
PR	-0,048	0,016	-9,513	0,000
TI	0,151	0,034	7,214	0,000
TR	0,385	0,039	9,412	0,000

Джерело: розраховано автором

сталого економічного розвитку в середньому на 0,161 відсотка в довгостроковій перспективі. Цю позитивну асоціацію можна пояснити ключовою роллю, яку сильні інститути відіграють у різних аспектах економіки. Якщо інституції міцні, вони створюють середовище, сприятливе для економічного зростання. Наприклад, вони сприяють створенню стабільної та прозорої нормативної бази, яка заохочує інвестиції та інновації. Ефективні інституції допомагають зменшити трансакційні витрати, заохочують продуктивну діяльність і забезпечують виконання контрактів. Ці фактори разом сприяють покращенню економічних показників і, як наслідок, сталому зростанню.

Подібним чином, висновки показують, що в довгостроковій перспективі існує негативний вплив використання природних ресурсів на сталий економічний розвиток. Коефіцієнт нахилу показує, що відсоткове збільшення природних ресурсів призводить до зниження сталого економічного зростання в середньому на -0,048 відсотка. Цей негативний зв'язок демонструє, що вищий рівень залежності від природних ресурсів пов'язаний із нижчим рівнем сталого економічного розвитку. Крім того, результати показують, що існує позитивний вплив відкритості торгівлі на сталий економічний розвиток у довгостроковій перспективі. Цю позитивну асоціацію можна пояснити ключовою роллю торгівлі та свідчить про те, що більш відкрита країна для міжнародної торгівлі може досягти тривалого стабільного економічного зростання. Зокрема, збільшення відкритості торгівлі на один відсоток призведе до середнього зростання сталого економічного розвитку на 0,385 відсотка. Ця позитивна асоціація виникає через переваги участі в міжнародній торгівлі. Відкритість торгівлі дозволяє ефективно використовувати свої природні багатства. Ця динаміка разом сприяє прискореному економічному розвитку в довгостроковій перспективі.

Результати підкреслюють критичну роль технологічних інновацій у стимулюванні сталого економічного зростання. Позитивний і статистично значущий вплив означає, що розвиток технологічних інновацій робить значний внесок у довгостроковий економічний прогрес. Розрахунковий коефіцієнт нахилу вказує на те, що відсоткове збільшення технологічних інновацій призводить до збільшення

сталого економічного зростання в середньому на 0,151 відсотка. Технологічні інновації є потужним рушієм економічного розвитку з кількох причин. По-перше, це веде до підвищення продуктивності завдяки більш ефективним методам виробництва, використання ресурсів і розподілу. Це, у свою чергу, призводить до підвищення виробництва та економічного зростання. Крім того, інновації часто призводять до розробки нових продуктів, послуг і галузей промисловості, сприяючи диверсифікації економіки. Ця диверсифікація має вирішальне значення для стійкості до економічних потрясінь і змін на глобальних ринках. Крім того, технологічний прогрес часто проникає в різні сектори, стимулюючи зростання в суміжних галузях і створюючи позитивні побічні ефекти в економіці. Наприклад, інновації в інформаційних технологіях не тільки стимулюють зростання технологічного сектора, але й революціонізують діяльність у таких секторах, як фінанси, охорона здоров'я та транспорт. Висновки в цілому підкреслюють важливість сприятливого середовища для інновацій за допомогою політики, інвестицій у дослідження та розробки та співпраці між державним і приватним секторами. Це, у свою чергу, може призвести до сталого економічного зростання в довгостроковій перспективі.

Короткострокова динаміка змінних показує, що в найближчій перспективі збільшення біоекономічності або інституційної якості може не дати очікуваного позитивного впливу на економічний розвиток. Вплив інших змінних теж не значущий у короткостроковому контексті. Це свідчить про те, що в найближчому часі коливання або зміни цих факторів можуть не мати помітного впливу на економічний розвиток. Однак коефіцієнт ЕСМ з річним лагом виявився від'ємним і значущим (-0,265). Він показує швидкість пристосування до довгострокової рівноваги та короткострокові відхилення від рівноваги. Це означає, що в короткостроковому періоді 26,5% відхилення від довгострокової рівноваги виправляється в даному році.

Висновки. Підтримуючи екологічну стійкість, ефективно розподіляючи природні ресурси, просуваючи технологічні інновації, заохочуючи міжнародне співробітництво та зміцнюючи інституційні рамки, забезпечується не лише поточне економічне зростання, але й створюється спадщина

стійкості та достатку на майбутнє. Результати підкреслюють суттєвий позитивний вплив біомасності на ВВП, вказуючи на те, що країни, наділені багатим біорізноманіттям, мають явну перевагу у сприянні сталому економічному прогресу. Це підкреслює ключову роль природного середовища як основи довгострокового економічного добробуту. Крім того, дослідження висвітлює першочергову важливість інституційної якості. Це підкреслює багатогранні переваги сильних інституцій, які не тільки підвищують економічну ефективність, але й стимулюють інвестиції, продуктивність та інновації, що в кінцевому під-

сумку призводить до стійкого та довгострокового зростання. Необхідно також визнати потенційні проблеми, пов'язані з сильною залежністю від природних ресурсів. Це вказує на потребу диверсифікації стратегій, які пом'якшують несприятливі наслідки залежності від ресурсів. Технологічні інновації постають як вагомий чинник, що сприяє стійкому економічному прогресу. Вагомий позитивний вплив технологічних інновацій на стійке економічне зростання підкреслює необхідність забезпечення сприятливого середовища для інновацій через політику, інвестиції та співпрацю між державним і приватним секторами.

Список використаних джерел:

1. Folke C. et al. Our future in the Anthropocene biosphere. *Ambio*. 2021. Vol. 50. P. 834–869.
2. Hassan S.T., Baloch M.A., Mahmood N., Zhang J. Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustain. Cities Soc.* 2019. Vol. 47. Article 101516.
3. Ni Z., Yang J., Razzaq A. How do natural resources, digitalization, and institutional governance contribute to ecological sustainability through load capacity factors in highly resource-consuming economies? *Resour. Pol.* 2022. Vol. 79. Article 103068.
4. Біленко В.О. Особливості економіко-математичного моделювання сталого розвитку. *Економіка та держава*. 2018. № 4. С. 66–69.
5. Ковальчук О., Гирила О. Моделювання економічних вимірів глобального сталого розвитку. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*. 2019. № 1. С. 117–130.
6. Пивавар І. В., Пономаренко О. О., Дьячкова О. В. Моделювання сталого економічного розвитку в розрізі ресурсно-екологічної складової. *Бізнес Інформ*. 2024. №3. С. 183–192.
7. Тарасенко Д.Л. Моделювання еколого-економічних процесів для забезпечення ефективної соціальної політики у сталому регіональному зростанні. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2018. Т. 29(68). № 5. С. 129–133.
8. Бондаренко Л., Блавт А. Акценти інвестування у сталий розвиток на принципах ESG в умовах воєнного стану в Україні. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 59.
9. Васильчук І. П., Соколов А. О. Інвестиції бізнесу у сталий розвиток: кращі практики вітчизняних компаній. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 1. С. 46–52.
10. Гуменюк Я., Ткачов З. Інвестиції у сталий розвиток: світова практика та перспективи для України. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 67.
11. Vimalnath P., Tietze F., Eppinger E., Jain A., Gurtoo A., Elsen M. Responsible intellectual property strategy for sustainability transition-An exploratory study. *World Patent Inf.* 2023. Vol. 73. Article 102195.
12. Franco S., Presenza A., Petruzzelli A.M. Boosting innovative business ideas through hackathons. The “Hack for Travel” case study. *Eur. J. Innovat. Manag.* 2021. Vol. 25. No. 6. P. 413–431.
13. Smith A.C., Harrison P.A., Leach N.J., Godfray H.C.J., Hall J.W., Jones S.M. et al. Sustainable pathways towards climate and biodiversity goals in the UK: the importance of managing land-use synergies and trade-offs. *Sustain. Sci.* 2023. Vol. 18. No. 1. P. 521–538.
14. Dakos V., Kéfi S. Ecological resilience: what to measure and how. *Environ. Res. Lett.* 2022. Vol. 17. No. 4. Article 043003.
15. Loisel J., Gallego-Sala A. Ecological resilience of restored peatlands to climate change. *Commun. Earth & Environ.* 2022. Vol. 3. Article 208.
16. Global Footprint Network. What Biocapacity measures. URL : <https://www.footprintnetwork.org/what-biocapacity-measures/> (accessed April 18, 2026).
17. Pesaran M.H., Shin Y., Smith R.J. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *J. Appl. Econ.* 2001. Vol. 16. No. 3. P. 289–326.
18. Pesaran M.H. A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *J. Appl. Econom.* 2007. Vol. 22. No. 2. P. 265–312.
19. Westerlund J. Testing for error correction in panel data *Oxf. Bull. Econ. Stat.* 2007. Vol. 69. Iss. 6. P. 709–748.
20. Wang J., Jiang Q., Dong X., Dong K. Decoupling and decomposition analysis of investments and CO2 emissions in information and communication technology sector. *Appl. Energy*. 2021. Vol. 302. Article 117618.

References:

1. Folke C. et al. (2021) Our future in the Anthropocene biosphere. *Ambio*, vol. 50. pp. 834–869.
2. Hassan S.T., Baloch M.A., Mahmood N., Zhang J. (2019) Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustain. Cities Soc.*, vol. 47, 101516.

3. Ni Z., Yang J., Razzaq A. (2022) How do natural resources, digitalization, and institutional governance contribute to ecological sustainability through load capacity factors in highly resource-consuming economies? *Resour. Pol.*, vol. 79, 103068.
4. Bilenko V.O. (2018) Osoblyvosti ekonomiko-matematichnoho modeliuвання staloho rozvytku [Features of economics and mathematical modeling of sustainable development]. *Ekonomika ta derzhava*, no 4, pp. 66–69. (in Ukrainian)
5. Kovalchuk O., Hyryla O. (2019) Modeliuвання ekonomichnykh vymiriv hlobalnoho staloho rozvytku [Modeling the economic dimensions of global sustainable development]. *Visnyk Ternopil'skoho natsionalnoho ekonomichnoho universytetu*, no 1, pp. 117–130. (in Ukrainian)
6. Pyvavar I. V., Ponomarenko O. O., Diachkova O. V. (2024) Modeliuвання staloho ekonomichnoho rozvytku v rozrizi resursno-ekolohichnoi skladovoi [Modeling sustainable economic development in terms of the resource and environmental component]. *Biznes Inform*, no. 3, pp. 183–192. (in Ukrainian)
7. Tarasenko D.L. (2018) Modeliuвання ekoloho-ekonomichnykh protsesiv dlia zabezpechennia efektyvnoi sotsialnoi polityky u stalomu rehionalnomu zrostanti [Modeling of ecological and economic processes to ensure effective social policy in sustainable regional growth]. *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernad'skoho. Seriya: Ekonomika i upravlinnia*, vol. 29(68), no 5, pp. 129–133. (in Ukrainian)
8. Bondarenko L., Blavt A. (2024) Aktsenty investuvannya u stalyy rozvytok na pryntsyapkakh ESG v umovakh voiennoho stanu v Ukraini [Emphasis on investing in sustainable development based on ESG principles under martial law in Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 59. (in Ukrainian)
9. Vasylchuk I. P., Sokolov A. O. (2021) Investytsii biznesu u stalyy rozvytok: krashchi praktyky vitchyznianskykh kompanii [Business investments in sustainable development: best practices of domestic companies]. *Investytsii: praktyka ta dosvid*, no. 1, pp. 46–52. (in Ukrainian)
10. Humeniuk Ya., Tkachov Z. (2024) Investytsii u stalyy rozvytok: svitova praktyka ta perspektyvy dlia Ukrainy [Investments in sustainable development: global practice and prospects for Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 67. (in Ukrainian)
11. Vimalnath P., Tietze F., Eppinger E., Jain A., Gurtoo A., Elsen M. (2023) Responsible intellectual property strategy for sustainability transition-An exploratory study. *World Patent Inf.*, vol. 73, 102195.
12. Franco S, Presenza A., Petruzzelli A.M. (2021) Boosting innovative business ideas through hackathons. The “Hack for Travel” case study. *Eur. J. Innovat. Manag.*, vol. 25, no. 6, pp. 413–431.
13. Smith A.C., Harrison P.A., Leach N.J., Godfray H.C.J., Hall J.W., Jones S.M., et al. (2023) Sustainable pathways towards climate and biodiversity goals in the UK: the importance of managing land-use synergies and trade-offs. *Sustain. Sci.*, vol. 18, no. 1, pp. 521–538.
14. Dakos V., Kéfi S. (2022) Ecological resilience: what to measure and how. *Environ. Res. Lett.*, vol. 17, no. 4, 043003.
15. Loisel J., Gallego-Sala A. (2022) Ecological resilience of restored peatlands to climate change. *Commun. Earth & Environ.*, vol. 3, 208.
16. Global Footprint Network. What Biocapacity measures. URL : <https://www.footprintnetwork.org/what-biocapacity-measures/> (accessed April 18, 2026).
17. Pesaran M.H., Shin Y., Smith R.J. (2001) Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *J. Appl. Econ.*, vol. 16, no. 3, pp. 289–326.
18. Pesaran M.H. (2007) A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *J. Appl. Econ.*, vol. 22, no. 2, pp. 265–312.
19. Westerlund J. (2007) Testing for error correction in panel data *Oxf. Bull. Econ. Stat.*, vol. 69, iss. 6, pp. 709–748.
20. Wang J., Jiang Q., Dong X., Dong K. (2021) Decoupling and decomposition analysis of investments and CO2 emissions in information and communication technology sector. *Appl. Energy*, vol. 302, 117618.

Дата надходження статті: 10.04.2026

Дата прийняття статті: 01.05.2026

Дата публікації статті: 18.05.2026