

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ: ВПЛИВ НА ЗАБРУДНЕННЯ ТА ВИЧЕРПАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ

Тараймович І.В.<sup>1</sup>, Демчук Л.І.<sup>2</sup>, Тихонова О.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет  
вул. Львівська, 75, 43000, м. Луцьк

<sup>2</sup>Державний університет «Житомирська політехніка»  
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

<sup>3</sup>Сумський національний аграрний університет  
вул. Герасима Кондратьєва, 160, 40000, м. Суми

[irinatarajmowitsch@gmail.com](mailto:irinatarajmowitsch@gmail.com), [ke\\_dlm@ztu.edu.ua](mailto:ke_dlm@ztu.edu.ua), [ur5apn@ukr.net](mailto:ur5apn@ukr.net)

Стаття містить аналіз взаємозв'язків між енергетичним та матеріальним обміном в рамках промислового суспільства. Автори розглядають критичну проблему забезпечення сталості ресурсів, звертаючи увагу на тимчасовий характер енергетичної насиченості, що базується на викопних копалинах, і необхідність переходу до використання відновлюваних джерел енергії для забезпечення стійкого розвитку. Обґрунтовано тісний зв'язок між енергетичними та матеріальними потоками в екосистемах, що імплементуються через харчові ланцюги. Така інтеграція знань дозволяє застосовувати ці принципи у промисловій екології, де взаємодії між різними елементами системи можуть відбуватися різними шляхами, включаючи визначення, аналогії, чи гомології. Основними компонентами екологічної системи є виробництво електроенергії, добування сировини, виробничі процеси, споживання, повторне використання та переробка. Ці елементи, виступаючи як підсистеми загальної екосистеми, виконують специфічні функції, аналогічні ролям організмів у природних екосистемах. Розкрито важливість адаптації глобальних принципів до місцевих умов, особливо в контексті обміну сировиною та енергією, що включає імпорт та експорт. Підкреслюється, що лише частина природного потенціалу використовується в циклах створення енергії, залишаючи важливу роль для збереження природної здатності екосистем до самовідновлення. Наголошено на необхідності зміни підходів до виробництва та споживання, звертаючи увагу на важливість використання відновлюваних джерел енергії та ефективного управління ресурсами. Це включає оптимізацію використання сукупної енергії, зменшення залежності від невідновлюваних ресурсів, і розробку інноваційних технологій, які сприятимуть стійкому розвитку. Висновки мають велике значення для розвитку промислової екології, оскільки вони пропонують шляхи зменшення екологічного тиску та покращення виробничих процесів для досягнення сталості в ресурсному забезпеченні. Це відкриває перспективи для подальших досліджень та практичного застосування в області екологічно відповідального виробництва. *Ключові слова:* екологічний тиск, екологічний стан території, екологічне забруднення, виробництво, споживання, відновлювальні джерела енергії, природні ресурси.

### **Environmental aspects of production and consumption: impact on pollution and depletion of natural resources. Taraimovych I., Demchuk L., Tykhonova O.**

The article contains an analysis of the interrelationships between energy and material exchange within the industrial society. The authors consider the critical problem of ensuring resource sustainability, paying attention to the temporary nature of energy saturation based on fossil fuels and the need to transition to the use of renewable energy sources to ensure sustainable development. The close connection between energy and material flows in ecosystems implemented through food chains is substantiated. Such integration of knowledge allows the application of these principles in industrial ecology, where interactions between different elements of the system can occur in different ways, including definitions, analogies, or homologies. The main components of the ecological system are electricity production, extraction of raw materials, production processes, consumption, reuse and recycling. These elements, acting as subsystems of the general ecosystem, perform specific functions similar to the roles of organisms in natural ecosystems. The importance of adapting global principles to local conditions is revealed, especially in the context of the exchange of raw materials and energy, which includes imports and exports. It is emphasized that only a part of the natural potential is used in the cycles of energy creation, leaving an important role for preserving the natural ability of ecosystems to self-renew. The need to change approaches to production and consumption is emphasized, paying attention to the importance of using renewable energy sources and effective resource management. This includes optimizing the use of aggregate energy, reducing dependence on non-renewable resources, and developing innovative technologies that will contribute to sustainable development. The findings are of great importance for the development of industrial ecology, as they suggest ways to reduce environmental pressure and improve production processes to achieve sustainability in resource provision. This opens up prospects for further research and practical application in the field of ecologically responsible production. *Key words:* ecological pressure, ecological state of the territory, ecological pollution, production, consumption, renewable energy sources, natural resources.

**Постановка проблеми.** Постановка проблеми зосереджується на двох взаємопов'язаних аспектах сучасної економічної діяльності: виробництві та споживанні. Центральною проблемою є те, що нинішні

моделі виробництва та споживання мають значний і часто негативний вплив на довкілля, що проявляється у формі забруднення та вичерпання природних ресурсів. Ця проблематика актуальна на глобаль-

ному рівні, оскільки впливає на стійкість екосистем, здоров'я людини та майбутнє сталого розвитку.

З одного боку, інтенсивне виробництво, спрямоване на задоволення зростаючого попиту, призводить до значного споживання ресурсів, викидів забруднюючих речовин та генерації відходів. З іншого боку, зростаючий обсяг споживання, особливо у високо-розвинених країнах, ставить під загрозу можливість підтримки довгострокової рівноваги в природних системах.

**Актуальність дослідження.** Актуальність дослідження полягає в наростаючому тиску на природні ресурси та екосистеми, спричиненому безперервним розширенням промислового виробництва та зростаючим споживанням. У світлі глобальних екологічних викликів, таких як зміна клімату, втрата біодиверситету, забруднення повітря та води, а також вичерпання невідновлюваних ресурсів, важливо досліджувати та розуміти комплексну взаємодію між виробничими процесами, моделями споживання та їх впливом на навколишнє середовище.

Зосередження уваги на екологічних аспектах виробництва та споживання дозволяє ідентифікувати ключові точки, де можливе впровадження більш сталого підходу до використання ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля [1]. Це охоплює широкий спектр тем, від впровадження чистіших технологій та екологічно ефективних процесів у виробництві до спонукання до більш відповідального споживання серед населення.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Дослідження є принциповим у контексті розробки міжнародних, національних та локальних стратегій, спрямованих на досягнення цілей сталого розвитку, особливо тих, які стосуються забезпечення сталого споживання та виробництва та захисту довкілля. Оцінка екологічних наслідків виробничо-споживчих патернів надає цінну інформацію для розробки ефективних політик та стратегій, спрямованих на зменшення екологічного впливу та сприяння більш сталому розвитку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження еколого-економічних викликів знайшло відображення у працях вчених з України та інших країн, зокрема в роботах, вказаних у джерелах: М. Багорка, А. Сергієнко [2], О. Степова [3], Д. Адам, Ю. Супріаді, З. Енде Сірегар [4]. Основну увагу вони приділяють системному аналізу еколого-економічних проблем як на національному, так і на міжнародному рівнях. Автори, такі як: І. Василенко, Є. Чупринов, А. Іванченко, М. Скиба, В. Воробйова, В. Галиш [5], Б. Габловський, Н. Габловська, Л. Штогрин, Д. Касіянчук, М. Кононенко [6]; В. Македон, А. Дзевелюк, Ю. Хаустова, О. Белякова, І. Назаренко [7], розглядають різні методологічні підходи до оцінки економічної вартості природних ресурсів та заходів з охорони природи. Важливий

вклад у формування концептуальних основ зменшення, використання та переробки відходів виробничого та споживачького характеру внесли: А. Івашура [8]; М. Санті, Л. Санчінето, В. Насіменто, Дж.Б. Азередо, Е.В.М. Ороско, Л.Х. Андраде, Х. Грегер, К. Санті [9].

Також слід звернути увагу на роботи: О. Жилінська [10], О. Машков, Т. Іващенко [11] та інших дослідників, які аналізують практичний досвід з охорони природи регіонів, окремих підприємств, галузей та комплексів. Попри значний обсяг існуючих досліджень, деякі аспекти залишаються недослідженими, зокрема, існує актуальна потреба у розробці шляхів екологізації виробництва. Це передбачає формування так званої «зеленої» моделі виробництва та споживання, впровадження екологічного менеджменту в діяльність підприємств і стимулювання їхньої природоохоронної активності.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Автори вказують на необхідність комплексного розуміння зв'язку між виробничими процесами та моделями споживання, щоб ідентифікувати ключові точки впливу та можливості для втручання. Зокрема, розглядається важливість переходу до більш сталих практик, які мінімізують вплив на довкілля, зокрема через інновації у виробництві, підвищення ефективності ресурсів, просування екологічно свідомого споживання та розвиток циркулярної економіки. Визнання цієї проблеми спонукає до глибшого дослідження екологічних, економічних, соціальних та технологічних аспектів, що лежать в основі виробництва та споживання, та до розробки стратегій та політик, які можуть сприяти більш сталому розвитку. Таким чином, стаття закликає до широкого міждисциплінарного діалогу та співпраці між науковцями, політиками, промисловістю та громадськістю для розробки та реалізації ефективних рішень.

**Новизна.** Основною метою дослідження є оцінка впливу сучасних виробничих та споживчих практик на стан навколишнього середовища, зокрема на забруднення та вичерпання природних ресурсів.

#### **Завдання дослідження:**

- проаналізувати екологічний вплив виробничих процесів та споживання;
- визначити масштаби впливу людської діяльності на зниження природних ресурсів, включаючи водні, мінеральні ресурси, рослинний та тваринний світ;
- розробити рекомендації для зменшення екологічного навантаження та запропонувати шляхи оптимізації виробничих процесів, зниження масштабів споживання та ефективного використання ресурсів з метою мінімізації впливу на навколишнє середовище.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Методологічне значення статті полягає

в розробці та застосуванні комплексного підходу до аналізу та оцінки екологічних наслідків, пов'язаних із виробничими процесами та споживачькими патернами. Ця стаття вносить вклад у науковий діалог шляхом використання інтердисциплінарних методів, які об'єднують знання з екології, економіки, соціології та інженерії, щоб глибше зрозуміти як системні, так і локальні аспекти екологічних викликів. Основні методологічні інновації статті включають:

1. Використання життєвого циклу оцінки. Ця методологія дозволяє оцінити екологічний вплив продуктів або процесів від витягу сировини через виробництво, використання та утилізацію. Це допомагає виявити ключові етапи, на яких можливе зниження негативного впливу на довкілля.

2. Моделювання систем землекористування. Аналіз змін у землекористуванні та їх впливу на екосистеми дозволяє зрозуміти, як виробничі та споживачькі практики спричиняють втрату біорізноманіття та екосистемних послуг.

3. Економічно-екологічне моделювання. Інтеграція екологічних і економічних моделей сприяє розумінню взаємозв'язків між економічним зростанням, використанням ресурсів та екологічними наслідками, що дозволяє розробляти ефективні стратегії політики.

**Викладення основного матеріалу.** Вивчення створення стійких енергетичних та матеріальних циклів вимагає глибокого аналізу, з особливим акцентом на енергетичний та матеріальний обмін. Проблема забезпечення індустріального суспільства стабільними енергетичними ресурсами є ключовою для досягнення стійкості в ресурсному забезпеченні. Важливо зауважити, що енергетична насиченість, яка характеризує ранні етапи індустріалізації завдяки використанню викопних копалин, матиме тільки тимчасовий характер. Тому стійке розвитку промислових структур можливе лише через перехід на використання відновлюваних джерел енергії [12]. Двоїста природа метаболізму – енергетичного та матеріального – у промислових системах ілюстрована на прикладах, запозичених з екологічної науки, та спрощено представлена на схемі (рис. 1).

Екологічні процеси мають складні взаємозв'язки, які в модельних розрахунках розділені на категорії невідновлюваної сировини та отримання енергії з відновлюваних джерел, з урахуванням певних припущень. Аналогічно до природних екосистем, в системі енергія розсіюється, тоді як матеріали обертаються між вузлами їх використання. Основними елементами системи є виробництво електроенергії, добування сировини, виробництво, споживання, повторне використання та переробка [13]. Кожен з цих елементів виступає як підсистема всієї екологічної системи, виконуючи певні функції, подібно до функціональних груп організмів у природних екосистемах.

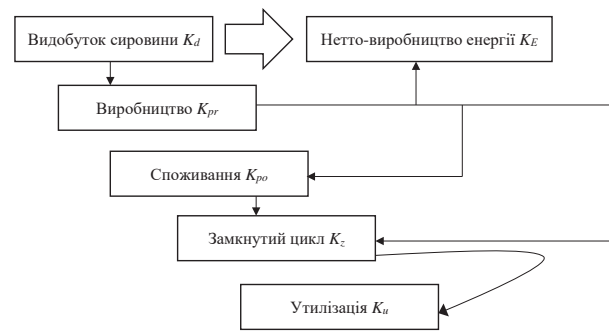


Рис. 1. Формування матеріальних, енергетичних і виробничих потоків та їх вплив на екологічний стан території (розроблено авторами)

Елемент «виробництво» охоплює також виробництво для особистих потреб, яке не входить в грошову економіку, але потребує ресурсів і енергії, а також передбачає доставку продукції. Воно включає також проміжні входи і виходи, необхідні для його функціонування. Кожен елемент системи має власний капітал, який сприяє підтримці матеріальних та енергетичних потоків, в якості сировини розглядається лише невідновлювана мінеральна сировина  $R$ .

Аналіз здійснюється на глобальному рівні, але основні принципи можливо адаптувати до більш місцевих контекстів, де також важливо враховувати обмін сировиною та енергією через імпорт та експорт. Лише частка природного потенціалу, включаючи земельні ресурси як природні агенти, використовується для виробництва енергії з відновлюваних джерел. Інша частина залишається для використання як відновлювана сировина (цей аспект далі не аналізується), тоді як деякі земельні ресурси залишаються недоторканими для збереження природної здатності екосистем до самовідновлення. Земельні ресурси також потрібні для техносфери та аграрного сектору [14]. У контексті сталої промислової екології, модель передбачає, що в довгостроковій перспективі матеріальне виробництво буде базуватися виключно на відновлюваних джерелах енергії. Обмежену кількість вичерпних природних ресурсів  $E_p(t)$ , необхідну для сталого розвитку, потрібно здобувати з відновлюваних джерел. Кількість виробленої вичерпних природних ресурсів  $E_p(t)$  залежить від різних факторів, включаючи сонячну інсоляцію на одиницю площі  $S/P$ , доступну технологію  $\pi_E$  для забезпечення продуктивності, використовувану площу  $P_E$ , вартість основних засобів  $K_E$  та кількість працівників  $T_E$ , задіяних у матеріальному виробництві:

$$\frac{T_E}{E_p(t)} = f(S/P, \pi_E, P_E, K_E, T_E). \quad (1)$$

На Землі або в конкретному регіоні існує верхня межа кількості вичерпних природних ресурсів  $E_{max}$ , яка може бути сгенерована за певний період, і ця межа не може бути перевищена без доступу до додаткових зовнішніх або внутрішніх джерел енергії, крім

таких, як сонце, вода, вітер, хвилі та геотермальна енергія. У цей показник  $E_{max}$  вже включені можливі втрати, пов'язані з перетворенням, транспортуванням та розподілом природних ресурсів, які можуть складати від 20 до 30% залежно від характеристик агента. Рівень використання енергії різними учасниками може варіюватися в певних межах, проте  $E_{max}$  залишається сталою величиною [15]. Накопичення енергії  $E_{ac}$  можливе, якщо вироблена кількість енергії  $E_p(t)$  перевищує потреби в енергії за період  $t(E(t))$ ; ця накопичена енергія  $E_{acc}$  може бути використана в наступних періодах. Розподіл енергії  $E(t)$  між різними економічними секторами включає видобуток сировини  $E_d$ , виробництво  $E_{pr}$ , споживання  $E_{po}$ , рециркуляцію  $E_z$  та переробку відходів  $E_u$ , тобто:

$$E(t) = E_d + E_{pr} + E_{po} + E_z + E_u. \quad (2)$$

Штучний капітал у кожному економічному секторі формується з потоків сировини з минулих періодів, які були інвестовані в засоби виробництва або товари споживання, за винятком тієї частини сировини, що використовується в замкнутому циклі ( $R_{poz}$ ) та в переробці відходів ( $R_{pou}$ ):

$$K_{pr} = \sum_{i=1}^n R_{pr} - (R_{poz} + R_{pou}). \quad (3)$$

Сировина, втілена в товарах споживання, стає знову доступною лише після їх виходу з ужитку. Втрати матеріалів під час споживання, як правило, повертаються назад у природний цикл і не можуть бути швидко відновлені за короткий час через свою дисипативну природу. Виробничий обсяг товарів споживання та засобів виробництва визначається через доступну енергію  $E_{pr}$ , відновлену сировину  $R_d$ , сировину, що повторно використовується в процесі рециркуляції  $Rz$ , застосовані технології  $trg$ , вартість основних фондів  $K_{pr}$  та кількість працівників  $T_{pr}$ .

Споживання ініціює метаболічний процес, який базується на сировині  $R_{po}$ , інтегрованій у споживчі товари, та енергії  $E_{po}$ , виділеній для споживчих потреб. Під споживанням тут маються на увазі всі ресурси та енергія, витрачені на будь-яку діяльність людини за винятком виробничих процесів (включно з наданням послуг), такі як житлове забезпечення, транспорт, дозвілля та інше [16].

Ключові аспекти екологічного забруднення, їх вплив на довкілля, роль промисловості у виникненні забруднення, та пропозиції щодо покращення виробництва і мінімізації екологічного тиску представлені в таблиці 1. Рециркуляція залежить від енергії  $E$ , призначеної для цього процесу, і має вплив на всі сектори економіки, оскільки внесок одного сектору може викликати зміни в інших. Коли в моделі застосовуються реальні дані, ширина стрілок має відображати обсяг потоків.

З цієї моделі випливають наступні принципи, які можна використати для розвитку промислової екології [17]:

- обмежений обсяг енергії потрібно розподіляти максимально раціонально між різними секторами економіки. введення принципів промислової екології дозволяє економіці повернутися до своїх коренів, що полягають у ефективному управлінні обмеженими фізичними ресурсами, цілячи на оптимальне використання загальної енергії з усіх доступних природних та створених людиною ресурсів;

- кожна ключова економічна функція пов'язана з створенням або використанням створених людиною дисипативних структур, які споживають енергію. загальні енерговитрати не можуть перевищувати доступну кількість енергії;

- чим вища ефективність використання енергії у всіх секторах, тим більше енергії може бути спрямовано на рециркуляцію;

- з огляду на ціль мінімізувати втрати невідновлюваної сировини та збільшити частку енергії, що повторно використовується у системі, необхідно здійснити перерозподіл використання енергії на користь рециркуляції в межах промислової системи;

- важливо значно збільшити інвестиції в рециркуляцію порівняно з іншими галузями економіки, що передбачає структурний перерозподіл природних та створених людиною ресурсів на користь замкнутого циклу або ефективного управління;

- ефективність технологій рециркуляції оцінюється через співвідношення між новими матеріалами та кількістю енергії, використаною в процесі рециркуляції [18].

Таблиця 1

**Ключові аспекти екологічного забруднення та напрямки зменшення екологічного тиску (розроблено авторами)**

Вид екологічного забруднення	Вплив виду забруднення на екологію	Вплив промисловості на появу забруднення	Шляхи покращення виробництва для зменшення екологічного тиску
Атмосферне забруднення	Зміна клімату, кислотні дощі, проблеми зі здоров'ям людей	Викиди шкідливих речовин в атмосферу з заводських труб	Впровадження очисних технологій, розробка низьковуглецевих технологій
Водне забруднення	Знищення водних екосистем, отруєння водних організмів	Скидання неочищених або слабо очищених стічних вод	Будівництво сучасних очисних споруд, використання замкнених водоциркуляційних систем
Забруднення ґрунтів	Зменшення родючості ґрунтів, забруднення продуктів харчування	Використання пестицидів та хімікатів у сільському господарстві, неправильне зберігання відходів	Перехід на органічне землеробство, раціональне використання відходів
Шумове забруднення	Стрес у людей і тварин, порушення сну	Експлуатація машин і обладнання, що створює високий рівень шуму	Ізоляція джерел шуму, застосування шумозахисних технологій



Виробничі функції, які враховують доступну кількість енергії у різних секторах національної економіки, залежать від потоків енергії та обміну сировиною; від змін у прийнятних рівнях енергетичних витрат ( $E_u$ ), технологічних параметрах ( $\pi$ ) та економічних затратах ( $K_u$ ); без таких змін існує ризик для довготривалого забезпечення виробництва за рахунок невідновлюваних матеріалів; невідновлювані сировинні ресурси завжди знайдуть своє застосування у техніці; в довгостроковій перспективі потік сировини, що повторно використовується, збільшується порівняно з первинним видобутком [19]. У стадії зрілого розвитку промисловості (для невідновлюваних ресурсів) сировинна компонента виробничої функції номінально переважає:

$$Rz > R_d, t \rightarrow \infty, \quad (4)$$

Таким чином, доступні природні ресурси стає робочим потенціалом, який можна спрямувати на видобуток сировини, виробництво, споживання або переробку; стратегії збільшення ефективності використання продуктів та продовження їхнього життєвого циклу стають все більш актуальними; звільнений енергетичний потенціал можна використовувати в замкнутому циклі для забезпечення майбутньої сировинної бази; продукти, що використовуються довше, зменшують навантаження на виробництво; при кожному виробничому рішенні важливо вра-

ховувати потенційні конфлікти між використанням сировини та енергетичними затратами; основною метою є мінімізація зростання ентропії на глобальному рівні, збереження екологічної рівноваги та природного капіталу [20].

Ефективне виконання ініціатив у всіх зазначених областях залежить від стабільного фінансування. Для оцінки згаданих аспектів екологічної стійкості корисно застосовувати систему показників, яка детально описана в таблиці 2.

З нашої точки зору, для досягнення цілей екологічно сталого розвитку, оцінка має включати аналіз таких аспектів: стан та рівень забруднення довкілля, регенерація природних ресурсів, надійне фінансування екологічних ініціатив. Зелені ініціативи в економіці та збільшення ефективності відновлення природних ресурсів також сприяють формуванню екологічно стійкого розвитку території. На наш погляд, для оцінки в цій сфері слід використовувати індикатори, які відображають пропорції відновлення природних ресурсів порівняно з їх загальним обсягом експлуатації.

**Висновки та перспективи використання результатів дослідження.** Для досягнення сталого виробництва не є обов'язковим повна відмова від використання невідновлюваних мінеральних ресурсів. Натомість, важливо обмежити їх використання до рівня, який дозволяється обсягами відновлюваної енергії, задіяної в економічному циклі. Це сто-

Таблиця 2

**Система показників з метою оцінки екологічної стійкості території в межах промислового виробництва та споживання (розроблено авторами)**

Блок	Напрямок	Показник
Екологізація господарського комплексу	Запобігання забрудненню атмосфери	Викиди забруднюючих речовин в атмосферу
		Сумарний обсяг газів, що надходять на очищення від технічних забруднень
	Запобігання забрудненню водних джерел	Скидання забруднюючих речовин у водоймища
Сумарний обсяг стічних вод, що надходять на очищення від забруднень		
Запобігання забрудненню навколишнього середовища твердими відходами	Поховання відходів	
	Сумарний обсяг утворених відходів виробництва та споживання	
Якість довкілля	Якість атмосферного повітря	Значення індексу забрудненості атмосфери
		Максимальне значення індексу забрудненості атмосфери за період
	Якість вод відкритих джерел	Кількість незадовільних за хімічним складом проб
Загальна кількість проб		
Відновлення природних ресурсів	Збільшення запасу відновлюваних ресурсів	Площа лісовідновлення
		Площа суцільних рубок
	Відновлення біологічних ресурсів	Площа відтворювальних ділянок у мисливських угіддях
Площа мисливських угідь		
Стійке фінансування природоохоронних заходів	Стійке фінансування охорони атмосфери	Плата, що надходить від природокористувачів за забруднення атмосфери
		Бюджетні витрати на охорону атмосфери
	Стійке фінансування охорони водного середовища	Плата, що надходить від природокористувачів за забруднення водних джерел
		Бюджетні витрати на охорону водного середовища
	Стійке фінансування охорони ґрунтів від забруднення відходами	Плата, що надходить від природокористувачів за розміщення відходів
Бюджетні витрати на охорону ґрунтів від забруднення відходами		

сується як невідновлюваних, так і відновлюваних ресурсів, враховуючи, що природа робить розрізнення між ними і в разі потреби може повертати природні матеріали назад до органічного стану. Згідно з першим законом термодинаміки, матерія не зникає, але для підтримки її корисності або експлуатації необхідно зовнішнє енергетичне джерело. Важливо зменшувати розбіжності в концентраціях матеріалів при їх повторному використанні або рециркуляції, оскільки зі зростанням таких розбіжностей збільшуються енергетичні витрати.

Використання невідновлюваних ресурсів, як правило, має вищу продуктивність порівняно з відновлюваними ресурсами, що вимагає періодичне повернення до використання невідновлюваних ресурсів, аби уникнути надмірних вимог до земельних ресурсів, які не можуть бути задоволені через обмежені

природні території. Висновок полягає в тому, що основна екологічна задача, яку вирішує промислова екологія – це оптимальний розподіл обмеженого обсягу природних ресурсів в одиницю часу для забезпечення максимальної корисності. В цьому контексті особливу увагу приділяється екологічній економіці та її енергетичним потребам, оскільки стабільне постачання сировини є ключовою умовою виробництва товарів. Отже підвищення енергетичної та ресурсної ефективності в усіх секторах підвищує досягнуту корисність, де ефекти є взаємопов'язаними: ефективніше використання сировини знижує енерговитрати на її добування; більш ефективне використання енергії знижує потребу в сировині для виробництва енергії. Це відкриває широкі можливості для промислової екології.

### Література

1. Andryeyeva N., Khumarova N., Nikolaychuk T. Aligning the social, environmental, and economic interests of “green growth” of the Ukrainian nature reserve fund objects. *Environmental Economics*. 2019. № 10(1). P. 93-104. DOI:10.21511/ee.10(1).2019.07.
2. Багорка М.О., Сергієнко А.А. Екологізація виробництва аграрних підприємств як інноваційна складова їх розвитку. *Економічні студії*. 2021. № 3(33). С. 10-16.
3. Екологія. довкілля. Енергозбереження. 2023. : колективна монографія / під ред. О.В. Степової. Полтава : НУІП імені Юрія Кондратюка. 2023. 246 с.
4. Adam D.H., Supriadi Y.N., Ende Siregar Z.M.E. Green Manufacturing, Green Chemistry And Environmental Sustainability: A Review. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2020. №. 9(04). pp. 2209-2211.
5. Василенко І.А., Чупринов С.В., Іванченко А.В., Скиба М.І., Воробйова В.І., Галиш В.В. Зелені технології у промисловості : монографія. Дніпро : Акцент ПП, 2019. 366 с.
6. Hablovskiy V., Hablovskaya N., Shtohryn L., Kasiyanchuk D., Kononenko M. The Long-Term Prediction of Landslide Processes within the Precarpathian Depression of the Cernivtsi Region of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. №. 24(7). pp. 254-262. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/164753>.
7. Makedon V., Dzeveluk A., Khaustova Y., Bieliakova O., Nazarenko I. Enterprise multi-level energy efficiency management system development. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*. 2021. №. 29, Issue 1. pp. 73-91.
8. Івашура А.А. Сучасні тенденції розвитку зеленої економіки в умовах глобалізації та мінімалістичного руху : монографія. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. 113 с.
9. Santi M., Sancineto L., Nascimento V., Azeredo J.B., Orozco E.V.M., Andrade L.H., Gröger H., Santi C. Flow Biocatalysis: A Challenging Alternative for the Synthesis of APIs and Natural Compounds. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. №. 22(3). pp. 990. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22030990>.
10. Доктрина збалансованого розвитку. Вид. друге / за ред. Жилінської О. Львів : Кальварія, 2017. 164 с.
11. Машков О.А., Іващенко Т.Г. Проблеми управління екологічною безпекою планованої діяльності за допомогою систем підтримки прийняття управлінських інформаційних екологічних рішень. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2020. № 3-4(27-28). с. 7–34.
12. Kharissova Q.V., Kharisov B.I., González C.M.O., Méndez Y.P., López I. Greener synthesis of chemical compounds and materials. *Royal Society Open Science*. 2019. № 6(11). pp. 191378. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.191378>.
13. Македон В.В., Байлова О.О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2023. № 47. С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.
14. Македон В., Михайленко О., Красніков П. Управління розробкою та реалізацією національних і міжнародних проєктів у сфері відновлювальної енергетики. *Підприємство та інновації*. 2023. № 26. с. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/26.1>.
15. Лазоренко-Гевель Н.Ю. Створення інформаційних моделей даних моніторингу природних комплексів. *Містобудування та територіальне планування*. 2014. № 51. С. 275–283.
16. Гнатів П.С., Бальковський В.В., Лопотич Н.Я., Дацко Т.М. Техно- й убросистеми: методологічні підходи до оцінювання стану урбанізованого довкілля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. т. 29. № 5 URL: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2019/29\\_5/18.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2019/29_5/18.pdf) (дата звернення: 10.02.2024).
17. Bhunia G.S., Shit P.K., Sengupta D. Free-open access geospatial data and tools for forest resources management. *Spatial modeling in forest resources management: rural livelihood and sustainable development*. Switzerland: Springer Cham, 2021. pp. 651–675. DOI: 10.1007/978-3-030-56542-8\_28.
18. Корчовий Р. Спеціальний адміністративно-територіальний режим територій природно-заповідного фонду: чинники самоврядного механізму управління. *Теоретичні та прикладні питання державотворення*. 2023. № 28. С. 67-82. DOI: 10.35432/tisb282022285247.
19. Wang C., Dong G. Research on Green Financial Ecology Construction Based on Low Carbon Economy. *Ekoloji*. 2019. № 107. pp. 3635-3641 URL: <http://www.ekolojidergisi.com/article/research-on-green-financial-ecology-construction-based-on-low-carbon-economy-6006> (дата звернення: 10.02.2024).
20. Scholtens B. Why Finance Should Care about Ecology. *Trends in Ecology and Evolution*. 2017. №. 32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.03.013>.