

UDC 502.21:504.61

Наталя Ілюк, Ігор Костенко, Дмитро Бідолах

**ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ПРИРОДНІ РЕСУРСИ:
ПОШУК СТІЙКИХ МОДЕЛЕЙ РОЗВИТКУ**

Natalia Iliuk, Igor Kostenko, Dmytro Bidolakh

**IMPACT OF ANTHROPOGENIC ACTIVITIES ON NATURAL RESOURCES:
SEARCHING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT MODELS**

DOI: 10.58407/bht.2.24.7

АНОТАЦІЯ

Антропогенна діяльність продовжує здійснювати значний тиск на природні ресурси, що створює неабиякі проблеми для сталого розвитку.

У статті розглядається багатоаспектний вплив людської діяльності на природні ресурси та досліджується пошук моделей сталого розвитку. Актуальність цієї теми полягає в її значенні для глобальної екологічної рівноваги, соціально-економічної стабільності та добробуту нинішнього і майбутніх поколінь.

Метою даного дослідження є аналіз складних відносин між антропогенною діяльністю та природними ресурсами для визначення ефективних стратегій досягнення сталого розвитку.

Методологія. У процесі написання роботи було здійснено огляд сучасних наукових досліджень з відповідної тематики. У роботі застосовано наступні методи: аналізу, систематизації, узагальнення, порівняння.

Наукова новизна. Завдяки комплексному вивченню та аналізу розкриваються різні аспекти антропогенного впливу на природні ресурси, зокрема руйнування ареалів проживання, забруднення, надмірна експлуатація та зміна клімату. У дослідженні розглядаються наявні моделі сталого розвитку, включаючи екологічні технології, природоохоронні заходи та законодавчі рамки, висвітлюються їхні сильні та слабкі сторони, а також потенціал для масштабування.

Результати дослідження наголошують на необхідності прийняття цілісних підходів, що поєднують екологічні, соціальні та економічні аспекти для пом'якшення антропогенного тиску та сприяння сталому управлінню природними ресурсами. Робота також розкриває важливість міждисциплінарного співробітництва, залучення зацікавлених сторін та глобальної співпраці у просуванні порядку денного сталого розвитку.

Висновки. На основі цих результатів у дослідженні зроблено висновок, що, незважаючи на значний прогрес у розумінні та вирішенні проблеми впливу антропогенної діяльності на природні ресурси, для досягнення справжньої сталості попереду багато роботи. Воно наголошує на необхідності трансформаційних змін у моделях виробництва, споживання та управління для захисту екосистем, підвищення їхньої стійкості та забезпечення рівного доступу до ресурсів.

Ключові слова: стійкий розвиток, антропогенний вплив, екологічна стійкість, збереження біорізноманіття, екосистемні послуги, зміна клімату, водні ресурси, землекористування, вуглецевий слід

ABSTRACT

Human activity continues to exert significant pressure on natural resources, creating considerable challenges for sustainable development. This article examines the multifaceted impact of human activity on natural resources and explores the search for models of sustainable development. The relevance of this topic lies in its significance for global ecological balance, socio-economic stability, and the well-being of present and future generations.

The aim of this research is to analyze the complex relationships between anthropogenic activity and natural resources to identify effective strategies for achieving sustainable development.

Methodology. In the course of writing this paper, a review of contemporary scientific research on the relevant topic was conducted. The following methods were applied in the work: analysis, systematization, generalization, and comparison.

Scientific novelty. Through comprehensive research and analysis, this study reveals various aspects of anthropogenic impact on natural resources, including habitat destruction, pollution, overexploitation, and climate change. Existing models of sustainable development are examined, including ecological technologies, conservation measures, and legislative frameworks, highlighting their strengths and weaknesses, as well as their potential for scalability.

The research findings emphasize the need for comprehensive approaches that integrate ecological, social, and economic aspects to mitigate anthropogenic pressures and promote sustainable management of natural resources. The study also highlights the importance of interdisciplinary collaboration, engagement of stakeholders, and global cooperation in advancing the sustainable development agenda.

Conclusions. Based on these results, the research concludes that despite significant progress in understanding and addressing the impact of anthropogenic activities on natural resources, much remains to be done to achieve true sustainability. It underscores the need for transformative changes in production, consumption, and management models to protect ecosystems, enhance their resilience, and ensure equitable access to resources.

Key words: sustainable development, anthropogenic impact, ecological resilience, biodiversity conservation, ecosystem services, climate change, water resources, land use, carbon footprint

Вступ

Актуальність теми дослідження полягає у вирішенні складних глобальних проблем, пов'язаних із погіршенням стану довкілля та виснаженням природних ресурсів, а саме: впливу антропогенної діяльності на природні джерела та пошуком моделей сталого розвитку. Оскільки людська діяльність продовжує розширюватися та інтенсифікуватися, вплив на природні ресурси стає все більш відчутним, позначаючись на екосистемах, біорізноманітті та загальному стані навколишнього середовища на планеті. Усвідомлення цього впливу має ключове значення для розробки ефективних стратегій сприяння сталому розвитку (Bahorka & Yurchenko, 2020).

Дане дослідження дозволяє висвітлити складні взаємозв'язки між антропогенною діяльністю та природними ресурсами, показати різні способи, в які людська діяльність сприяє експлуатації ресурсів, забрудненню та руйнуванню середовищ існування. Аналізуючи ці взаємозв'язки, можна встановити ключові чинники деградації довкілля та сформулювати цілеспрямовані заходи для пом'якшення їхніх негативних наслідків (Melnychenko et al., 2023).

Антропогенна діяльність, безперечно, змінила структуру природних ресурсів, створивши значні виклики для стійкості екосистем і добробуту людей. Нещодавні дослідження та публікації спрямовані на всебічне розуміння цих впливів, а також на розробку моделей сталого розвитку.

Наукові праці продовжують наголошувати на загрозливих темпах деградації екосистем і виснаження ресурсів, спричинених антропогенною діяльністю, зокрема вирубкою лісів, надмірним виловом риби та забрудненням довкілля. Дослідження висвітлюють каскадний вплив на втрату біорізноманіття, дефіцит води та зміну клімату (Kuzum et al., 2023).

Помітною тенденцією в останніх публікаціях є застосування інтегрованих підходів до оцінки багатогранних наслідків антропогенної діяльності. У цих дослідженнях інтегруються екологічні, соціально-економічні та управлінські аспекти, щоб забезпечити цілісне розуміння складних взаємодій у природних системах. Докладаються зусилля для визначення критичних порогів, за якими екосистемам завдається незворотна шкода. Дослідники використовують передові методи моделювання та емпіричні спостереження для визначення ключових моментів, що допомагають політикам та зацікавленим сторонам вчасно вжити заходів для запобігання екологічному руйнуванню (Omelchuk, 2023).

Інтеграція новітніх технологій, таких як дистанційне зондування, штучний інтелект і блокчейн, обіцяє покращити стратегії моніторингу та управління природними ресурсами. Ці інновації дозволяють збирати, аналізувати та приймати рішення в режимі реального часу, сприяючи проактивному збереженню та сталому використанню ресурсів (Shrakova, 2020). Незважаючи на досягнення в науковому вивченні, залишаються невирішені питання щодо втілення

результатів досліджень в ефективні політичні заходи та реформи врядування. Серед викликів – боротьба з особистими інтересами, сприяння міжсекторальній співпраці та забезпечення справедливого розподілу вигоди і навантаження

Поширення успішних ініціатив зі сталого розвитку залишається ключовим пріоритетом. Науковці виступають за відтворювані моделі та трансформаційні шляхи, що забезпечують баланс між екологічною цілісністю та метою соціально-економічного розвитку. Однак залишаються питання щодо масштабованості, мобілізації ресурсів та адаптивності рішень у різних контекстах (Zamula & Shavurska, 2023).

Міждисциплінарна співпраця та обмін знаннями мають важливе значення для вирішення складних проблем антропогенного впливу на природні ресурси. Інтегровані дослідницькі структури та платформи сприяють діалогу між науковцями, політиками, практиками та місцевими громадами, стимулюючи інновації та взаємне навчання.

Підвищення стійкості та впровадження стратегій адаптивного управління мають вирішальне значення для подолання невизначеності та непередбачуваних наслідків, пов'язаних із антропогенною діяльністю. Основними принципами забезпечення сталості систем природних ресурсів є гнучкість, навчання на основі зворотного зв'язку та сприяння розвитку адаптивних структур управління (Ryzhova & Pavlyuk, 2023).

Метою статті є аналіз складних відносин між антропогенною діяльністю та природними ресурсами для визначення ефективних стратегій досягнення сталого розвитку.

Матеріали і методи дослідження

Інформаційною базою досліджень стали наукові дослідження вітчизняних вчених та статистичний матеріал.

Науковою основою дослідження стали праці вітчизняних вчених з досліджуваної проблеми (Azarov & Kharlamova, 2020; Zinchuk et al., 2022).

Для досягнення мети та поставлених завдань дослідження було використано комплекс методів наукового пізнання, а саме: для вивчення та узагальнення теоретичних положень з обраної теми, обґрунтування висновків – аналіз, для виділення суттєвих ознак та властивостей

досліджуваних явищ, формулювання понять та категорій – абстрагування, порівняльно-аналітичний метод – для порівняння та зіставлення різних концепцій, підходів до вирішення проблем індукція та дедукція. У свою чергу для узагальнення та логічного виведення нових знань – індуктивний та дедуктивний методи. І насамкінець, для дослідження об'єкта як цілісної системи з урахуванням його внутрішніх та зовнішніх зв'язків – системний підхід.

Результати дослідження та їх обговорення

Антропогенний вплив на природні ресурси є однією з найважливіших проблем сучасності, що охоплює широкий спектр людської діяльності, яка впливає на екосистеми планети та ресурси, які вони забезпечують. Цей вплив проявляється у різних формах, кожна з яких має свої особливості та наслідки. Розуміння масштабів і результатів цього впливу має ключове значення для розробки ефективних стратегій його пом'якшення та забезпечення сталого використання ресурсів нашої планети. Основні напрями антропогенного впливу на навколишнє середовище показані на рисунку 1 (рис. 1).

Одним із основних видів антропогенного впливу на природні ресурси є вирубування лісів. Ліси, що є важливими для збереження біорізноманіття, поглинання вуглецю та регулювання клімату, знищуються із загрозливою швидкістю, щоб звільнити місце для сільськогосподарства, урбанізації та промислової діяльності. Така масове вирубування лісів призводить до зникнення біотопів, ерозії ґрунтів, порушення водних циклів і втрати біорізноманіття.

Іншою значною проблемою є надмірна експлуатація рибних і морських ресурсів. Несталі практики рибальства, зумовлені зростанням попиту і технологічного прогресу, призвели до виснаження рибних запасів, пошкодження морських біотопів і загрожують життєдіяльності мільйонів людей, які залежать від рибальства як джерела існування і доходу. Забруднення з промислових і побутових джерел посилює деградацію морських екосистем, спричиняючи евтрофікацію, руйнування біотопів і токсичне забруднення.

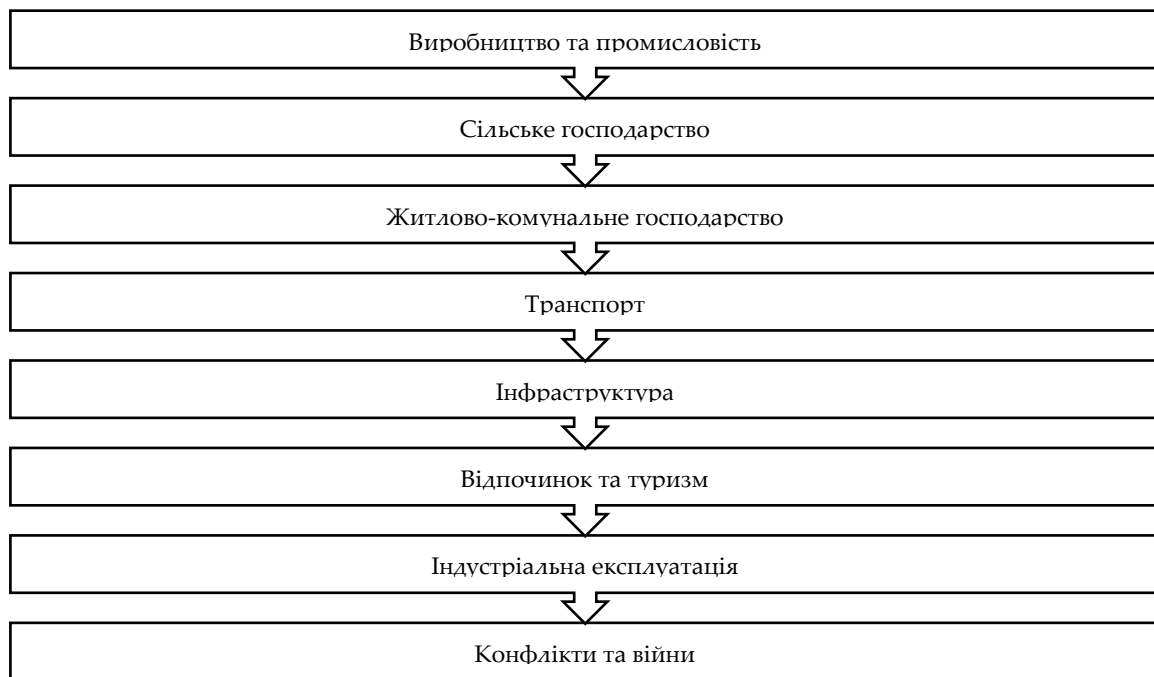


Рис.1. Основні джерела антропогенного впливу на природні ресурси (Джерело: власна розробка авторів)

Деградація земель, зокрема ерозія ґрунтів, опустелювання та засолення, є ще одним наслідком антропогенної діяльності, такої як нестійке сільське господарство, надмірний випас худоби та нераціональне використання земельних ресурсів. Ці процеси погіршують родючість ґрунтів, знижують продуктивність сільського господарства та посилюють продовольчу небезпеку у незахищених регіонах.

Модифікація водних об'єктів шляхом спорудження гребель, відведення води та забруднення створює додаткові виклики в галузі управління природними ресурсами. Греблі порушують річкові екосистеми, перешкоджають міграції риби та змінюють гідрологічний режим, що призводить до впливу на якість води, перенесення наносів та розвиток заплав вниз за течією. Забруднення промисловими і сільськогосподарськими стоками та міськими відходами призводить до подальшої деградації прісноводних екосистем, порушуючи їхню екологічну цілісність і загрожуючи здоров'ю людей.

Урбанізація та розвиток інфраструктури здійснюють значний тиск на природні ресурси, що призводить до руйнування ареалів проживання, втрати біорізноманіття та збільшення забруднення. Розширення міських територій забирає важливі землі та ресурси, витісняє дику природу, сприяє забрудненню повітря та води, посилюючи

деградацію довкілля та ризики для здоров'я населення.

Наслідки антропогенного впливу на природні ресурси є різнобічними. Різновиди впливу та їх наслідки описані у таблиці 1. Втрата біорізноманіття, спричинена руйнуванням та фрагментацією середовищ існування, загрожує стабільності екосистем та послуг, що вони надають, зокрема запиленню, боротьбі зі шкідниками та кругообігу поживних речовин. Зміна клімату, спричинена викидами парникових газів внаслідок вирубки лісів, спалювання викопного палива та промислових процесів, посилює тиск на довкілля, призводячи до зміни режиму опадів, підвищення рівня моря та екстремальних погодних явищ (Ryzhova & Pavlyuk, 2023).

Деградація природних ресурсів знижує стійкість екосистем і ставить під загрозу безпеку людей, які залежать від них як джерел їжі, води, засобів до існування та культурної ідентифікації. Найчастіше диспропорційний вплив відчувають на собі соціально незахищені та вразливі верстви населення, що посилює соціальну нерівність і призводить до загострення конфліктів за обмежені природні ресурси.

Наприклад, щодо України, то у таблиці 2, показано динаміку та статистику антропогенного впливу на природні ресурси України у 2019-2023 роках.

Таблиця 1

Наслідки впливу антропогенної діяльності на природні ресурси та стан екосистем (Джерело: власна розробка авторів)

Тип впливу	Наслідки
Забруднення водних ресурсів хімічними речовинами	Загроза для водних екосистем, знищення рибних запасів, отруєння водних організмів, обмеження доступу до питної води
Викиди шкідливих речовин у повітря	Забруднення повітря, негативний вплив на живих істот та їхнє здоров'я, кліматичні зміни, кислотні дощі
Забруднення ґрунтів хімічними речовинами	Втрата родючості, зменшення врожайності, забруднення продуктів харчування, негативний вплив на здоров'я людей і тварин
Зміна ландшафту	Втрата природних місць існування, затоплення територій, ерозія, знищення життєвого середовища
Втрата біорізноманіття	Порушення екосистем, втрата видів, порушення регуляторних функцій навколишнього середовища
Вплив війни	Загроза для різноманітності форм життя, знищення природних ресурсів, зменшення стійкості екосистем, загроза виживання видів

Таблиця 2

Динаміка антропогенного впливу на природні ресурси України у 2019 – 2023 роках (за даними Державної служби статистики України)

Показники	2019	2020	2021	2022	2023
Викиди забруднюючих речовин, тис. т	2,785	2,650	2,600	2,450	2,400
Використання водних ресурсів, млн м ³	12,500	13,200	12,100	11,900	11,700
Викиди парникових газів, млн т CO ₂	210	205	200	195	190
Лісозаготівля, тис. м ³	7,500	7,300	7,200	7,100	7,000
Використання земельних ресурсів, тис. га	40,000	39,800	39,600	38,400	39,200
Витрати енергоресурсів, млн т н.е.	90	88	87	85	83
Утворення твердих побутових відходів, млн т	11	11,2	11,3	11,5	11,7

Аналізуючи таблицю 2, можна побачити загальну тенденцію до зниження антропогенного впливу на природні ресурси України у 2019-2023 роках. Викиди забруднюючих речовин зменшилися з 2,785 тис. тонн у 2019 році до 2,400 тис. тонн у 2023 році. Це свідчить про поступове покращення стану атмосферного повітря, імовірно завдяки впровадженню нових технологій або посиленню екологічного контролю.

Використання водних ресурсів також знизилося з 12,500 млн м³ у 2019 році до 11,700 млн м³ у 2023 році. Це може бути наслідком більш ефективного використання водних ресурсів, а також зниження промислового виробництва внаслідок активних бойових дій.

Викиди парникових газів зменшилися з 210 млн тонн CO₂ у 2019 році до 190 млн тонн CO₂ у 2023 році. Це свідчить про заходи щодо зменшення впливу на зміну клімату, можливо, через впровадження відновлюваних джерел енергії або підвищення енергоефективності.

Лісозаготівля зменшилася з 7,500 тис. м³ у 2019 році до 7,000 тис. м³ у 2023 році, що може вказувати на зменшення вирубки лісів або покращення управління лісовими ресурсами.

Використання земельних ресурсів також знизилося з 40,000 тис. га у 2019 році до 39,200 тис. га у 2023 році, що може свідчити про зменшення розширення сільськогосподарських або промислових територій.

Витрати енергоресурсів знизилися з 90 млн тонн нафтеквіваленту у 2019 році до 83 млн тонн нафтеквіваленту у 2023 році, що вказує на підвищення енергоефективності та зменшення залежності від викопних видів палива.

Утворення твердих побутових відходів, навпаки, зросло з 11 млн тонн у 2019 році до 11,7 млн тонн у 2023 році, що вказує на зростання кількості відходів, яке може бути пов'язане з підвищенням рівня споживання.

Таким чином, таблиця 2 відображає поступове покращення екологічної ситуації в Україні, але також вказує на необхідність подальших зусиль у сфері управління відходами.

Для вирішення проблем, пов'язаних із антропогенним впливом на природні ресурси, потрібні скоординовані зусилля на локальному, національному та глобальному рівнях. Стратегії сталого управління ресурсами повинні інтегрувати екологічні, економічні та соціальні аспекти, сприяти ініціативам з охорони та відновлення природних ресурсів, а також розвивати партнерство між учасниками з різних секторів (Bahorka & Yurchenko, 2020).

Державні заходи, зокрема нормативно-правова база, економічні стимули та кампанії з інформування громадськості мають важливе значення для сприяння відповідальному використанню ресурсів, зменшенню відходів і забруднення, а також переходу до більш сталого способу життя та виробничих процесів.

Одним із головних наслідків людської діяльності на природні ресурси є втрата екосистемних послуг. Екосистеми забезпечують широкий спектр послуг, необхідних для добробуту людини, зокрема чисте повітря і воду, родючі ґрунти, регулювання клімату, культурні та рекреаційні можливості. Проте антропогенні порушення, такі як вирубування лісів, забруднення та деградація ареалів, ставлять під загрозу здатність екосистем надавати ці послуги, що негативно впливає на стан довкілля, економічну продуктивність та стійкість суспільства.

Водно-болотні угіддя виконують важливу функцію очищення води, видаляючи забруднювачі та осади, що покращує якість води для пиття, сільськогосподарських потреб та рекреаційного використання. Наприклад, 1,000 гектарів водно-болотних

угідь можуть очищувати до 1,000,000 кубометрів води на день, що становить 365,000,000 кубометрів на рік. Вартість штучного очищення 1 кубометра води в очисних спорудах становить приблизно 0.50 доларів США, тому річна економія від природного очищення водно-болотними угіддями становить близько 182.5 мільйонів доларів США. Ця оцінка підкреслює економічну вигоду від збереження природних екосистем, які забезпечують значні екосистемні послуги.

Так, вирубування лісів не лише призводить до втрати біотопів та зменшення біорізноманіття, але й знижує здатність лісів поглинати вуглекислий газ, який є основним чинником зміни клімату. Порушення вуглецевого циклу Землі посилює глобальне потепління, що призводить до частіших і жорсткіших погодних явищ, зміни режиму опадів і підвищення рівня моря, з подальшим каскадним впливом на екосистеми та населення в усьому світі.

Так само деградація прісних водних ресурсів через забруднення, надмірний вилов риби і знищення біотопів ставить під загрозу якість і доступність води, піддаючи ризику стан водних екосистем і життєдіяльність мільйонів людей, які залежать від річок, озер і водно-болотних угідь як джерел питної води, зрошення, риболовлі та транспорту

До того ж антропогенний вплив на природні ресурси може посилювати соціальну нерівність і призводити до загострення конфліктів за доступ до дефіцитних ресурсів та контроль над ними. У багатьох регіонах соціально незахищені та вразливі верстви населення несуть на собі головний вантаж деградації довкілля, зазнаючи непропорційно високих ризиків і труднощів через обмежений доступ до альтернативних засобів до існування, нерозвинену інфраструктуру та обмеженість можливостей для політичного впливу.

Наприклад, етнічні народи та села, які залежать від лісів, річок і традиційних методів ведення сільського господарства, часто зазнають витіснення, захоплення земель і втрати культурної спадщини в результаті реалізації масштабних проектів розвитку, комерційного сільського господарства та видобувних галузей промисловості. Це не лише руйнує місцеві засоби до існування та продовольчу безпеку, але й послаблює соціальну згуртованість, куль-

турну ідентичність та традиційні системи знань, що є важливими для сталого управління ресурсами та стійкості громад.

Водночас наслідки антропогенного впливу на природні ресурси не обмежуються тільки екологічними та соціальними аспектами, але й мають також економічні наслідки. Нераціональна експлуатація ресурсів та деградація довкілля призводять до значних економічних втрат, зокрема до зниження продуктивності, збільшення витрат на охорону здоров'я та зниження конкурентоспроможності на світових ринках (Filipov, 2019).

Наприклад, погіршення родючості ґрунтів і втрата сільськогосподарського біорізноманіття негативно впливають на продовольчу безпеку та продуктивність сільськогосподарства, призводячи до дефіциту продовольства, волатильності цін і зростання залежності від зовнішніх факторів виробництва, таких як добрива та пестициди, що сильніше погіршує екосистеми і збільшує ризики для довкілля та здоров'я населення.

Втрата сільськогосподарського біорізноманіття, яка включає зміни у сівознах, монокультуру та інтенсивне землекористування, значно погіршує екосистеми. Зміна сівозмін і зменшення кількості культур знижує природний контроль за шкідниками і хворобами, сприяє ерозії ґрунтів та виснаженню землі. Монокультура призводить до виснаження ґрунтів, збільшення залежності від хімічних добрив і пестицидів, роблячи сільськогосподарські системи більш вразливими до шкідників і хвороб. Інтенсивне землекористування знищує середовища існування для дикої флори і фауни, знижує запилення та природне регулювання водних ресурсів. Це все знижує родючість ґрунтів, підвищує використання пестицидів, спричиняє ерозію ґрунтів, знижує запилення та призводить до водного забруднення, що негативно впливає на довкілля та здоров'я населення.

Так само виснаження рибних запасів і деградація морських біотопів не лише загрожують джерелам існування рибалок і прибережних спільнот, але й підривають економічну спроможність рибальства та пов'язаних із ним галузей, що призводить до втрат доходів, витіснення робочих місць і соціальних негараздів.

Сталий розвиток – термін, введений у 1987 році у Звіті Брундтланд Всесвітньої комісії з навколишнього середовища та розвитку – означає задоволення потреб сьогодення без шкоди для здатності майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби. По суті, сталий розвиток прагне досягти балансу між економічним зростанням, соціальною справедливістю та захистом довкілля. Він підкреслює взаємозалежність економічної, соціальної та екологічної систем і визнає, що розвиток повинен здійснюватися з урахуванням цих взаємозв'язків (Zamula & Shavurska, 2023).

У прагненні до сталого розвитку з'явилися різні моделі та підходи, кожна з яких має власні акценти та стратегії. Однією з таких моделей є циклічна економіка, що має на меті мінімізувати відходи та максимально ефективно використовувати ресурси, сприяючи переробці, повторному використанню та відновленню на противагу традиційним лінійним моделям виробництва та споживання. Завдяки тому, що матеріали та продукти використовуються якомога довше, циркулярна економіка зменшує виснаження ресурсів і забруднення довкілля, а також створює нові економічні можливості.

Інша модель – екологічна економіка, що піддає сумніву традиційні економічні парадигми, інтегруючи екологічні принципи в економічну теорію та практику. Наголошує на обмеженості ресурсів і важливості дотримання екологічної цілісності в процесі прийняття економічних рішень. Вона виступає за політику і практику, які надають пріоритет екологічній стійкості та соціальній справедливості поряд з економічним зростанням

Інший підхід до сталого розвитку, особливо в контексті управління природними ресурсами, представляють проекти інтегрованого збереження та розвитку (ICDPs). ICDP прагнуть узгодити природоохоронні цілі з потребами та прагненнями територіальних громад, інтегруючи природоохоронні ініціативи з проектами розвитку громад. Шляхом залучення місцевої громадськості до процесів прийняття рішень та вирішення їхніх соціально-економічних проблем ICDP сприяють як збереженню довкілля, так і підвищенню добробуту людей.

Агроекологія пропонує ще одну модель сталого розвитку, зокрема у сфері сільськогосподарства. Спираючись на принципи

екології, агроекологія прагне оптимізувати сільськогосподарські системи, імітуючи природні екосистеми та покращуючи біорізноманіття, стан ґрунтів і стійкість екосистем. Надаючи пріоритет екологічній стійкості над короткостроковим підвищенням продуктивності, агроекологія пропонує цілісний підхід до виробництва продуктів харчування, що може підтримувати як стан довкілля, так і продовольчу безпеку.

Оцінюючи стабільність моделей сталого розвитку, слід враховувати декілька критеріїв. Екологічна стійкість є фундаментальним критерієм, що охоплює такі фактори, як ефективність використання ресурсів, рівень забруднення та збереження біорізноманіття. Моделі, що надають пріоритет збереженню та відновленню природних екосистем, мають більше можливостей бути стабільними в довгостроковій перспективі.

Соціальна рівність є ще одним важливим критерієм, оскільки сталий розвиток повинен враховувати потреби та інтереси всіх членів суспільства, особливо вразливих і незахищених груп. Моделі, що сприяють соціальній інтеграції, рівності та справедливості, з більшою ймовірністю сприятимуть соціальній стабільності та стійкості.

Економічна життєздатність теж має важливе значення, оскільки моделі сталого розвитку повинні бути економічно обґрунтованими і здатними генерувати достатній обсяг ресурсів для підтримки поточної імплементації. Моделі, що сприяють економічній диверсифікації, місцевому економічному розвитку та справедливому розподілу ресурсів, мають більше можливостей бути економічно стабільними.

До того ж дуже важливою є стійкість моделей сталого розвитку до зовнішніх потрясінь і невизначеностей. Які включають гнучкість, адаптивність та стратегії управління ризиками, краще підготовлені до протистояння несподіваним викликам та збереження стабільності в часі.

Для досягнення сталого розвитку були розроблені різні методи визначення моделей сталого розвитку, які можуть спрямувати політику, бізнес-практику та суспільну поведінку до більш узгоджених відносин із навколишнім середовищем. Центральне місце у цих методах займають принципи моделювання та аналізу впливу на природні ресурси, використання інформаційних техно-

логій у дослідженнях і прийняття синергетичного підходу до вирішення проблем.

Моделювання та аналіз впливу на природні ресурси є основними інструментами на шляху до сталого розвитку. Використовуючи математичні моделі, симуляції та методи аналізу даних, науковці та розробники стратегій отримують уявлення про складну взаємодію між людською діяльністю та екологічними системами. Ці моделі дозволяють оцінити екологічний слід різних галузей промисловості, містобудівних проєктів та діяльності з видобутку корисних копалин. За допомогою аналізу сценаріїв управління можна дослідити різні варіанти політики та їхні потенційні наслідки для використання природних ресурсів, біорізноманіття та стану екосистем. До того ж сучасні методи, такі як оцінка життєвого циклу, дозволяють кількісно оцінити вплив на довкілля протягом усього життєвого циклу продуктів і послуг, що сприяє прийняттю обґрунтованих рішень і виявленню можливостей для вдосконалення.

Використання інформаційних технологій зробило справжню революцію у сфері досліджень сталого розвитку, надавши потужні інструменти для збору, аналізу та передачі даних. Програмне забезпечення географічних інформаційних систем дозволяє дослідникам картографувати та візуалізувати дані про навколишнє середовище, полегшуючи просторовий аналіз та ідентифікацію зон екологічної значущості або вразливості. Технології дистанційного зондування, зокрема супутникові знімки і безпілотні літальні апарати, дають змогу отримати важливу інформацію про зміни у землекористуванні, вирубку лісів і втрату ареалів проживання на великих географічних територіях. Поширення сенсорних мереж і пристроїв Інтернету речей уможливує моніторинг параметрів довкілля, таких як якість повітря і води, в режимі реального часу, підтримуючи системи раннього попередження про випадки забруднення та інформуючи про стратегії адаптивного управління.

Проте справжній потенціал інформаційних технологій у дослідженнях сталого розвитку полягає не лише у зборі даних, але й у їх інтеграції з передовими аналітичними методами. Алгоритми машинного навчання, наприклад, можуть аналізувати великі масиви даних, щоб виявити закономірності,

тенденції та кореляції, які можуть бути неочевидними для дослідника-людини. Використовуючи ці можливості, вчені здатні розробляти прогностичні моделі для таких явищ, як наслідки зміни клімату, зміни в розподілі видів і доступність ресурсів за різних сценаріїв. Також методи штучного інтелекту можуть оптимізувати стратегії розподілу та управління ресурсами, допомагаючи максимізувати ефективність і мінімізувати відходи в таких секторах, як енергетика, транспорт і сільське господарство.

Можливо, найперспективніший шлях до пошуку моделей сталого розвитку полягає у прийнятті синергетичного підходу до вирішення проблем. Замість того, щоб розглядати соціальні, економічні та екологічні виклики як окремі проблеми, цілісна перспектива визнає їхній взаємозв'язок і шукає інтегровані рішення, які стосуються декількох вимірів одночасно. Цей підхід втілений у таких концепціях, як циркулярна економіка, що має на меті відокремити економічне зростання від споживання ресурсів шляхом планування відходів, сприяння ресурсоефективності та створення систем із замкнутим циклом. Аналогічно, концепція екосистемного управління наголошує на важливості збереження і відновлення природних екосистем як основи сталого розвитку, визнаючи їхню роль у наданні основних послуг, таких як чиста вода, регулювання клімату і збереження біорізноманіття (Azarov & Kharlamova, 2020).

В основі синергетичного підходу є визнання того, що сталий розвиток не може бути досягнутий точковими втручаннями або ізольованими зусиллями. Натомість він вимагає співпраці та партнерства між учасниками з державного управління, промисловості, громадянського суспільства та академічних кіл, спираючись на різноманітні перспективи, досвід та ресурси. Багатосторонні ініціативи, такі як Цілі сталого розвитку, забезпечують загальну основу для дій, спрямовуючи зусилля на вирішення взаємопов'язаних проблем, наприклад, бідність, нерівність, зміна клімату та деградація екосистем. Сприяючи діалогу, обміну знаннями та колективним діям, ці ініціативи мають на меті каталізувати трансформаційні зміни на шляху до більш сталого та стійкого майбутнього для всіх (Levkivska et al., 2022).

Успішне впровадження моделей сталого екологічного розвитку посідає важливе

значення для збереження нашої планети та добробуту майбутніх поколінь. У різних галузях і регіонах існують яскраві приклади того, як бізнес, влада та громади впроваджують сталі практики для пом'якшення наслідків деградації довкілля, одночасно сприяючи економічному зростанню. Ці зразки демонструють інноваційні підходи та підкреслюють ефективність стратегій сталого розвитку.

В енергетичному секторі відновлювані джерела енергії останнім часом набули значного поширення. Такі країни, як Данія та Ісландія, досягли значних успіхів у використанні вітрової та геотермальної енергії, відповідно, для задоволення значної частини своїх енергетичних потреб. Данія, наприклад, стала світовим лідером у вітроенергетиці: вітрогенератори забезпечують понад 40 % попиту на електроенергію в країні. Так само багаті геотермальні ресурси Ісландії дозволили їй виробляти майже 100 % електроенергії з відновлюваних джерел, зменшивши залежність від викопних видів палива і значно скоротивши викиди вуглецю.

У транспортній галузі перехід до електромобілів змінив правила гри. Такі компанії, як Tesla, зробили революцію в автомобільному секторі, випускаючи високопродуктивні електромобілі, що забезпечують мобільність із нульовим рівнем викидів. Також міста по всьому світу інвестують у сталі системи громадського транспорту. Наприклад, Куритиба (Бразилія) відома своєю системою швидкісного автобусного транспорту, яка ефективно перевозить мільйони пасажирів щодня, мінімізуючи затори та забруднення (Ryzhakova et al., 2019).

Сільське господарство теж є прикладом успішного впровадження сталих практик. Концепція агроекології, що наголошує на біорізноманітті, збереженні природних ресурсів та якості ґрунтів, набрала обертів. У таких регіонах, як Африка на південь від Сахари, проекти, що пропагують агролісомеліорацію, не лише підвищили продовольчу безпеку, але й відновили деградовані землі та зберегли біорізноманіття. Також ініціативи з просування органічного землеробства та сталого управління земельними ресурсами дали позитивні результати в різних частинах світу, зменшивши використання хімікатів та зберігши родючість ґрунтів.

У міському будівництві ініціативи зеленого будівництва набувають усе більшого розповсюдження (Shrakova, 2020). Міста, як Ванкувер (Канада), запровадили жорсткі стандарти зеленого будівництва, що призвело до зведення енергоефективних та екологічно чистих споруд. Такі будівлі оснащені сонячними панелями, ефективною ізоляцією та системами збору дощової води, що значно зменшує споживання енергії та вуглецевий слід (Azarov & Kharlamova, 2020).

Туристична індустрія також запровадила сталі практики, щоб мінімізувати свій вплив на навколишнє середовище. Такі країни, як Коста-Ріка, позиціонують себе у напрямі екологічного туризму, зберігаючи свої природні ареали і водночас задовольняючи потреби туристів, які прагнуть отримати досвід перебування в незайманому природному середовищі. Ініціативи сталого туризму зосереджені на природоохоронних заходах, залученні громадськості та відповідальних туристичних практиках, що забезпечують баланс між економічною вигодою та збереженням довкілля.

Концепція циркулярної економіки набула поширення в різних галузях промисловості, сприяючи підвищенню ефективності використання ресурсів та зменшенню відходів (Dereij et al., 2021). Такі компанії як Interface (світовий виробник килимів) запровадили виробничі процеси із замкнутим циклом, де продукція призначена для переробки та повторного використання, мінімізуючи утворення відходів та вплив на довкілля (Zinchuk et al., 2022).

Аналіз ефективності цих моделей сталого розвитку свідчить про перспективні результати. Скорочення викидів парникових газів, покращення якості повітря та води, збереження біорізноманіття та підвищення стійкості до зміни клімату – це лише деякі з помітних переваг. На додаток, багато з цих ініціатив стимулювали економічне зростання, створили можливості для працевлаштування та підвищили якість життя громад, що беруть у них участь.

Висновки і перспективи

Антропогенна діяльність чинить суттєвий вплив на природні ресурси, створюючи значні виклики для досягнення сталого розвитку. Різноманітні форми антропогенного впливу, такі як вирубування лісів, надмірна експлуатація рибних і морських ресурсів, деградація земель, модифікація водних об'єктів, урбанізація та розвиток інфраструктури, значно впливають на екосистеми планети та ресурси, які вони забезпечують. Для пом'якшення цих впливів необхідно розробляти ефективні стратегії, що поєднують екологічні, соціальні та економічні аспекти.

Проблема антропогенного впливу на природні ресурси вимагає комплексного підходу, який включає міждисциплінарну співпрацю, залучення зацікавлених сторін та глобальну співпрацю. Незважаючи на значний прогрес у розумінні та вирішенні проблеми, необхідні трансформаційні зміни в моделях виробництва, споживання та управління для захисту екосистем, підвищення їхньої стійкості та забезпечення рівного доступу до ресурсів.

Важливим є інтегрування новітніх технологій, таких як дистанційне зондування, штучний інтелект і блокчейн, для покращення стратегій моніторингу та управління природними ресурсами. Ці інновації дозволяють здійснювати збір, аналіз та прийняття рішень у режимі реального часу, сприяючи проактивному збереженню та сталому використанню ресурсів. Однак залишаються виклики, пов'язані з втіленням результатів досліджень у політичні заходи та реформи управління.

Акцентується увага на необхідності адаптивного управління, що враховує невизначеність та непередбачувані наслідки антропогенної діяльності. Принципи гнучкості, навчання на основі зворотного зв'язку та сприяння розвитку адаптивних структур управління є ключовими для забезпечення стійкості систем природних ресурсів.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

References

- Azarov, S. I., & Kharlamova, O. V. (2020). Modeling the impact of anthropogenic factors on the environment. *Ecological Sciences*, 1(28), 97–101. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.14> (in Ukrainian)
Азаров С. І., Харламова О. В. Моделювання впливу антропогенних факторів на навколишнє середовище. *Екологічні науки*. 2020. №1(28). С. 97–101. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.14>
- Bahorka, M. O., & Yurchenko, N. I. (2020). Ecologically oriented innovations in the activities of agricultural enterprises. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Taurida National University. Series: Economics and Management*, 31(70), 107–114. <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-3-18> (in Ukrainian)
Багорка М. О., Юрченко Н. І. Екологічно орієнтовані інновації в діяльності сільськогосподарських підприємств. *Наукові записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2020. №31(70). С. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-3-18>
- Dereiy, Zh., Butenko, N., & Zosymenko, T. (2021). Implementation of the circular economy concept: Problems and prospects. *Problems and Perspectives in Economics and Management*, 1(25), 54–62. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2021-1\(25\)-54-62](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2021-1(25)-54-62) (in Ukrainian)
Дерій Ж., Бутенко Н., Зосименко Т. Впровадження концепції циркулярної економіки: проблеми та перспективи. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2021. №1(25). С. 54–62. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2021-1\(25\)-54-62](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2021-1(25)-54-62)
- Filipov, V. Yu. (2019). The paradigm of sustainable development: Genesis, preconditions, and origins. *Economic Innovations*, 21(4), 171–179. [https://doi.org/10.31520/ei.2019.21.4\(73\).171-179](https://doi.org/10.31520/ei.2019.21.4(73).171-179) (in Ukrainian)
Філіпов В. Ю. Парадигма сталого розвитку: генезис, передумови та витоки. *Економічні інновації*. 2019. №21(4). С. 171–179. DOI: [https://doi.org/10.31520/ei.2019.21.4\(73\).171-179](https://doi.org/10.31520/ei.2019.21.4(73).171-179)
- Kyzym, M. O., Khaustova, V. Y., Shpilevskiy, V. V., & Shpilevskiy, O. V. (2023). Justification of promising directions for the development of the circular economy in Ukraine. *Problemy Ekonomiky*, 3, 101–111. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-101-111> (in Ukrainian)
Кизим М. О., Хаустова В. Є., Шпілевський В. В., Шпілевський О. В. Обґрунтування перспективних напрямів розвитку циркулярної економіки в Україні. *Проблеми економіки*. 2023. №3. С. 101–111. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-101-111>
- Levkivska, L. M., Shvets, T. V., & Plotnikova, M. F. (2022). The role of gender and ecological settlements in the policy implementation of Ukraine's entrepreneurial potential. *Economy and State*, 3, 43–48. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2022.3.43> (in Ukrainian)
Левківська Л. М., Швець Т. В., Плотнікова М. Ф. Роль родових та екологічних поселень у реалізації підприємницького потенціалу України. *Економіка і держава*. 2022. №3. С. 43–48. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2022.3.43>
- Melnychenko, S. G., Bohadorova, L. M., & Okhremenko, I. V. (2023). Pollutants emissions dynamics by stationary and mobile sources of pollution within Ukraine. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, 40, 42–52. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-04> (in Ukrainian)
Мельниченко С. Г., Богадорова Л. М., Охременко І. В. Динаміка викидів забруднювальних речовин стаціонарними та мобільними джерелами забруднення в Україні. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. 2023. №40. С. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-40-04>
- Omelchuk, D. S. (2023). Implementation of the green concept in business activity strategy. *Scientific Notes of Lviv University of Business and Law*, 38, 223–229. (in Ukrainian)
Омельчук Д. С. Втілення зеленої концепції в стратегію діяльності бізнесу. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2023. №38. С. 223–229.
- Ryzhakova, G., Ryzhakov, D., Leshchinska, I., Kistion, D., & Kondratskiy, V. (2019). Conceptual model of differentiated involvement of sources of resource provision of investment and construction projects. *Urban Planning and Territorial Planning*, 71, 283–300. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.283-300> (in Ukrainian)
Рижакова Г., Рижаків Д., Лещинська І., Кістіон Д., Кондрацький В. Концептуальна модель диференційованого залучення джерел ресурсного забезпечення інвестиційно-будівельних проектів. *Містобудування та територіальне планування*. 2019. №71. С. 283–300. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.283-300>

Ryzhova, I., & Pavlyuk, O. (2023). Strategy of sustainable development of urban ecology in the contemporary spatial-subject environment: Challenges, opportunities, perspectives. *Humanities Studies*, 15(92), 52–63. <https://doi.org/10.32782/hst-2023-15-92-06> (in Ukrainian)

Рижова І., Павлюк О. Стратегія сталого розвитку урбоекології в сучасному просторово-предметному середовищі: виклики, можливості, перспективи. *Гуманітарні студії*. 2023. №15(92). С. 52–63. DOI: <https://doi.org/10.32782/hst-2023-15-92-06>

Shpakova, H. V. (2020). Economic transformation of production models using the example of biosphere-compatible construction. *Economy and State*, 2, 67–71. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2020.2.67> (in Ukrainian)

Шпакова Г. В. Економічна трансформація моделей виробництва на прикладі біосферосумісного будівництва. *Економіка і держава*. 2020. №2. С. 67–71. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2020.2.67>

Zamula, I. V., & Shavurska, O. V. (2023). Theoretical preconditions for the development of accounting in mining enterprises under the influence of the sustainable development concept. *Economics, Management, and Administration*, 1(103), 88–98. [https://doi.org/10.26642/ema-2023-1\(103\)-88-98](https://doi.org/10.26642/ema-2023-1(103)-88-98) (in Ukrainian)

Замула І. В., Шавурська О. В. Теоретичні передумови розвитку бухгалтерського обліку на гірничодобувних підприємствах під впливом концепції сталого розвитку. *Економіка, менеджмент, адміністрування*. 2023. №1(103). С. 88–98. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2023-1\(103\)-88-98](https://doi.org/10.26642/ema-2023-1(103)-88-98)

Zinchuk, T., Palamarchuk, T., & Usyuk, T. (2022). The dialectics of green economy development in the context of globalization. *Economics and Society*, 44. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-86> (in Ukrainian)

Зінчук Т., Паламарчук Т., Усюк Т. Діалектика розвитку «зеленої економіки» в умовах глобалізації. *Економіка і суспільство*. 2022. №44. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-86>

Received: 23.07.2024. **Accepted:** 25.08.2024. **Published:** 18.09.2024.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Ілюк Н., Костенко І., Бідолах Д. Вплив антропогенної діяльності на природні ресурси: пошук стійких моделей розвитку. *Biota. Human. Technology*. 2024. №2. С. 77-88.

Cite this article in APA style as:

Iliuk, N., Kostenko, I., & Bidolakh, D. (2024). Impact of anthropogenic activities on natural resources: searching for sustainable development models. *Biota. Human. Technology*, 2, 77-88. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Iliuk N. [*in Ukrainian: Ілюк Н.*] ¹, Ph.D. in Agriculture, Assoc. Prof., email: n.iliuk@i.ua
ORCID: 0000-0002-3296-4790

Department of Microbiology, Modern Biotechnology, Ecology and Immunology, Institute of Biomedical Technologies, Open International University of Human Development "Ukraine"
3 Lvivs'ka Street, Kyiv, 04071, Ukraine

Kostenko I. [*in Ukrainian: Костенко І.*] ², Ph.D. in Technical Sciences, Assoc. Prof., email: atrdj@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1195-5163

Department of Food Technologies and Ecology, Educational and Scientific Institute of Management, Food Technologies and Trade, Chernihiv Polytechnic National University
95 Shevchenko Street, Chernihiv, 14035, Ukraine

Bidolakh D. [*in Ukrainian: Бідолах Д.*] ³, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, email: dimbid@ukr.net
ORCID: 0000-0003-0248-3731

Department of Forestry and Landscape Gardening, Faculty of Agricultural Engineering, SE NULES of Ukraine "Berezhany Agrotechnical Institute"
20 Academichna Street, Berezhany, Ternopil region, 47501, Ukraine

¹ Study design, manuscript preparation.

² Data collection, statistical analysis.

³ Statistical analysis, manuscript preparation.