

НЕОЕКОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ТА ЗМЕНШЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

Калюжна Ю. С.¹, Коверсун С. О.¹, Хабарова Г. В.²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Анотація. У статті розглянуто сучасні неоекологічні підходи до оцінювання та мінімізації антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Проаналізовано методи кількісного та якісного оцінювання впливу промислових, транспортних і сільськогосподарських об'єктів на екосистеми. Розглянуто інноваційні технології та інженерні рішення, спрямовані на зниження негативних екологічних наслідків, зокрема біотехнологічні методи рекультивації, екологічний моніторинг і впровадження циркулярної економіки. Особливу увагу приділено адаптації міжнародних екологічних стандартів та їх впливу на регулювання антропогенного навантаження.

Ключові слова: неоекологія, антропогенне навантаження, екологічний моніторинг, біотехнології, циркулярна економіка, екологічна безпека.

Вступ

Сучасний розвиток промисловості, транспорту та сільського господарства супроводжується значним зростанням антропогенного навантаження на природні екосистеми. Неконтрольоване споживання природних ресурсів, викиди забруднювальних речовин та деградація біорізноманіття викликають серйозні екологічні проблеми, що потребують ефективних підходів до їх аналізу та мінімізації. У цьому контексті неоекологія як інтегративна наука відіграє ключову роль у розробленні принципів сталого розвитку, спрямованих на зменшення негативного впливу людської діяльності на довкілля.

Неоекологічні підходи базуються на комплексному аналізі антропогенного впливу, що передбачає моніторинг забруднень, математичне моделювання змін екосистем і розроблення екологічно безпечних технологій. Інноваційні методи, такі як біотехнологічна рекультивація, екологічне проектування та використання циркулярної економіки, сприяють зменшенню шкідливих викидів і раціональному використанню природних ресурсів. Важливим аспектом є впровадження міжнародних екологічних стандартів, що забезпечують ефективне регулювання промислових і транспортних впливів.

Аналіз публікацій

Останні наукові дослідження у сфері неоекології зосереджені на розробленні методів оцінювання антропогенного навантаження й на впровадженні ефективних механізмів його зниження. Зокрема увага приділяється інтег-

рованим системам екологічного моніторингу, що поєднують дистанційне зондування Землі, автоматизовані сенсорні мережі та математичне моделювання [1]. Це дає змогу більш точно прогнозувати зміни в екосистемах і розробляти відповідні заходи зменшення негативного впливу.

Вагоме значення мають дослідження щодо біотехнологічних підходів до рекультивації забруднених територій. Згідно з інформацією [2], використання фітореMediaції та мікробіологічного очищення ґрунтів сприяє природному відновленню екосистем без значних економічних витрат. Учені наголошують на ефективності комбінованих методів очищення, що поєднують біологічні та хімічні підходи. Це дає змогу скоротити час і підвищити ефективність екологічного відновлення.

Дослідження в галузі екологічної безпеки автомобільного транспорту демонструють, що транспортний сектор є одним із ключових джерел антропогенного впливу [3]. У зв'язку з цим значна увага приділяється розробленню екологічно чистих видів палива, удосконаленню систем нейтралізації викидів та впровадженню електротранспорту [4]. Останні розвідки підтверджують, що застосування водневих технологій та електрифікація громадського транспорту сприяють значному зниженню рівня забруднення атмосфери.

Сучасні публікації також зосереджують увагу на важливості циркулярної економіки у зменшенні антропогенного навантаження [5]. Повторне використання матеріалів, мінімізація відходів та впровадження принципів за-

мкнених виробничих циклів допомагають знизити екологічний слід промисловості. У статті [6] розглядаються приклади впровадження циркулярної економіки в Європейському Союзі, які демонструють позитивні результати щодо зменшення забруднення навколишнього середовища.

Низка наукових праць присвячена впливу урбанізації на стан природних екосистем. Дослідження [7] свідчить про те, що стрімке розширення міст сприяє зростанню антропогенного навантаження через збільшення енергоспоживання, транспорту та будівництва. У зв'язку з цим розглядаються концепції «зелених міст» та «розумного урбанізму», основані на використанні енергоефективних технологій, розширенні зелених зон та зменшенні шкідливих викидів.

Значний внесок у дослідження неоекологічних підходів зроблено у сфері впровадження міжнародних екологічних стандартів. Як зазначено у роботі [8], екологічна сертифікація продукції та підприємств сприяє зниженню рівня забруднення та підвищенню відповідальності бізнесу перед суспільством. Особливу роль відіграють стандарти ISO 14001 та Європейська система екологічного менеджменту (EMAS), що активно впроваджуються в країнах ЄС.

Окремий напрям досліджень присвячений математичному моделюванню екологічних процесів. У статті [9] наведено аналіз використання штучного інтелекту та великих даних для прогнозування змін клімату, оцінювання впливу промислових об'єктів і розроблення заходів зі зниження викидів шкідливих речовин. Це відкриває нові можливості для більш точного та оперативного реагування на екологічні виклики. Вагоме місце в сучасних дослідженнях посідають питання адаптації до змін клімату та впровадження технологій екологічного регулювання.

У роботі [10] розглянуто інноваційні методи збереження біорізноманіття, ефективні стратегії адаптації до глобального потепління та розроблення екосистемних підходів до управління природними ресурсами.

Отже, аналіз сучасних публікацій підтверджує актуальність неоекологічних підходів до оцінювання та зменшення антропогенного навантаження. Новітні технології, міжнародні екологічні стандарти та концепції сталого розвитку є ключовими факторами у розв'язанні сучасних екологічних проблем та забезпеченні гармонійної взаємодії між суспільством і природою.

Мета й постановка завдання

Метою є розроблення неоекологічних підходів до оцінювання та зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище завдяки застосуванню інноваційних методів екологічного моніторингу, біотехнологічної рекультивації та принципів циркулярної економіки.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання: проаналізувати сучасні методи оцінювання антропогенного впливу на довкілля; розглянути ефективність біотехнологічних рішень у процесах рекультивації забруднених територій; дослідити впровадження циркулярної економіки як механізму зниження екологічного навантаження; оцінити роль міжнародних екологічних стандартів у регулюванні промислових і транспортних впливів.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення мети розроблення неоекологічних підходів до оцінювання та зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище необхідно визначити основні джерела антропогенного впливу та їх наслідки для довкілля. Зрозуміти ці фактори – важливий етап для розроблення ефективних методів зменшення забруднення та забезпечення сталого природокористування. Одним із основних завдань є вивчення негативних наслідків антропогенного впливу на довкілля, щоб на підставі цих знань упроваджувати сучасні технології екологічного моніторингу, рекультивації земель і стійкого використання природних ресурсів.

Промислові підприємства та виробничі процеси є основними джерелами антропогенного забруднення. Металургійні заводи, хімічні підприємства та енергетичні станції викидають шкідливі гази, такі як оксиди сірки, азоту і вуглецю, що забруднюють атмосферу і сприяють утворенню кислотних дощів [11]. Крім того, промислові підприємства можуть бути джерелами важких металів і органічних забруднювачів, що потрапляють у водні ресурси та ґрунти, погіршуючи їх якість і шкодячи екосистемам [12].

Сільське господарство, що використовує пестициди, гербіциди та добрива, також є важливим джерелом антропогенного впливу на навколишнє середовище. Застосування азотних і фосфорних сполук у сільському господарстві спричиняє забруднення водних ресурсів, зокрема до евтрофікації, яка викликає зниження біорізноманіття в річках і озерах [13]. Забруднення ґрунтів хімічними ре-

човинами може призводити до деградації землі та зменшення її родючості [14].

Транспортний сектор є поширеним джерелом забруднення атмосфери. Викиди вуглекислого газу (CO_2), оксидів азоту (NO_x) та часточок пилу від автомобільного, авіаційного та морського транспорту викликають накопичення парникових газів в атмосфері, що призводить до глобального потепління [15]. Крім того, викиди забруднюють повітря в містах, погіршуючи якість життя населення та спричиняючи проблеми зі здоров'ям [16].

Неконтрольоване накопичення та неправильна утилізація твердих побутових відходів також має серйозні наслідки для навколишнього середовища. Відходи, які не піддаються належному переробленню, можуть забруднювати ґрунти та води токсичними речовинами, такими як важкі метали, органічні сполуки та пластик. Такі відходи, зокрема, утворюють сміттєзвалища, що є джерелом метану – одного з основних парникових газів [17].

Наслідки антропогенного впливу на довкілля передбачають зміни клімату, зниження біорізноманіття, забруднення водних ресурсів і деградацію ґрунтів. Викиди парникових газів спричиняють глобальне потепління та зміни клімату, що впливає на екосистеми, сільське господарство та здоров'я людей [18]. Забруднення водних ресурсів важкими металами та хімічними речовинами негативно позначається на водних екосистемах, погіршуючи якість води та загрожуючи здоров'ю живих організмів [19]. Зниження біорізноманіття через антропогенні фактори призводить до зникнення видів і змін в екосистемах, що порушує їх стабільність і функціональність [20]. Деградація ґрунтів через забруднення та надмірне використання хімікатів зменшує родючість земель і погіршує умови для сільськогосподарської діяльності [21].

Отже, для зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище необхідно зосередитися на розвитку новітніх екологічних технологій та методів, спрямованих на зменшення забруднення і сталий розвиток. Це передбачає застосування сучасних методів екологічного моніторингу, технологій рекультивації забруднених земель і концепцій раціонального природокористування, що допоможуть зберегти природні ресурси й забезпечити здорове довкілля для майбутніх поколінь.

Біотехнологічні методи рекультивації забруднених територій стають дедалі важливішими в умовах зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Очищення ґрунтів, водних ресурсів і повітря від токсичних забруднювачів є ключовими завданнями для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку. Використання біотехнологічних рішень для рекультивації територій дає змогу відновлювати екосистеми, знижувати забруднення та зберігати природні ресурси. У цьому контексті особливу увагу варто звернути на фітореMediaцію, біореMediaцію та мікробіологічне очищення води, які демонструють високу ефективність і екологічну безпеку.

ФітореMediaція – це процес, за допомогою якого рослини використовуються для очищення забруднених територій. Це одна з найбільш економічно вигідних і екологічно безпечних технологій, оскільки не вимагає значних інвестицій у складне обладнання та може бути застосована на великих площах. Рослини здатні поглинати забруднювачі, зокрема важкі метали, пестициди, нафтопродукти, органічні хімічні сполуки та інші токсичні речовини. Вони можуть також метаболізувати або інкапсулювати ці забруднювачі, знижуючи їх концентрацію в ґрунті та воді.

Однією з основних переваг фітореMediaції є те, що цей процес є природним і не шкодить екосистемам. Наприклад, рослини, зокрема верба, тополя та інші види, успішно очищають території від важких металів і органічних забруднювачів, використовуючи їх у своєму метаболізмі. Завдяки здатності поглинати та зберігати забруднювачі, рослини сприяють відновленню ґрунтів і водних ресурсів, регенеруючи екосистеми, що постраждали від антропогенної діяльності [22].

БіореMediaція передбачає використання мікроорганізмів для розкладання або перетворення токсичних сполук у безпечні для навколишнього середовища форми. Це може бути як природний процес, так і посилений за допомогою спеціально підібраних штамів бактерій, грибів чи водоростей, здатних ефективно очищати ґрунти, води та інші екосистеми від органічних забруднювачів, наприклад нафта, пестициди, феноли та інші токсичні хімічні речовини.

Мікроорганізми можуть метаболізувати ці сполуки, перетворюючи їх на нешкідливі продукти, такі як вуглекислий газ і воду. БіореMediaція є ефективною не лише для очищення ґрунтів, але й для відновлення забруднених водних ресурсів. Цей метод широко застосовується для очищення нафтових забруднень, де бактерії здатні ефективно розкладати нафтопродукти, знижуючи їх концентрацію в довіллі [23].

Біоремедіація також має значну перевагу в тому, що може використовуватися для великих територій, а процес очищення може бути природним або стимульованим за допомогою додавання певних речовин для прискорення метаболізму мікроорганізмів. Наприклад, додавання поживних речовин може допомогти бактеріям швидше розкласти нафту, що особливо важливо в разі ліквідації нафтових розливів.

Мікробіологічне очищення води є ключовим елементом біотехнологічної рекультиваци забруднених водних ресурсів. Вода є одним із найбільш уразливих елементів екосистеми, і забруднення її токсичними речовинами може мати серйозні наслідки для здоров'я людей, флори й фауни. Мікроорганізми, зокрема бактерії та водорості, можуть активно використовувати токсичні органічні сполуки, наприклад нафтопродукти, пестициди та інші хімічні забруднювачі, для свого метаболізму.

Процес мікробіологічного очищення води оснований на здатності мікроорганізмів розкладати ці забруднювачі на безпечні компоненти. Зокрема бактерії можуть трансформувати нафтопродукти в нешкідливі сполуки, такі як вуглекислий газ і воду, що сприяє відновленню водних екосистем і збереженню їх біорізноманіття. Цей метод застосовується в таких сферах, як очищення води в річках, озерах, а також для позбавлення ґрунтових вод від токсичних речовин [24].

Біотехнологічні методи рекультиваци забруднених територій є надзвичайно ефективними, економічно вигідними й екологічно безпечними технологіями. Фіторемедіація, біоремедіація та мікробіологічне очищення води допомагають не тільки очищати забруднені ґрунти та води, але й відновлювати екосистеми, знижувати забруднення та сприяють сталому розвитку природокористування. Упровадження таких методів дає змогу створити стійкі, екологічно чисті середовища, що підтримують здоров'я людини, та зберегти біорізноманіття.

Циркулярна економіка (ЦЕ) є інноваційним підходом, який намагається зламати традиційну лінійну модель економічної діяльності, орієнтуючись на зменшення витрат ресурсів і відходів, максимальне використання матеріалів та збереження природних ресурсів для наступних поколінь. Циркулярна економіка забезпечує сталий розвиток, сприяючи зменшенню екологічного навантаження та ефективному використанню ресурсів. Вона передбачає не лише повторне

застосування матеріалів, але і їх перероблення та відновлення, що значно знижує рівень забруднення довкілля та зменшує викиди парникових газів. Цей підхід сприяє розбудові замкнених циклів у виробництві та споживанні, де ресурси не «викидаються», а повертаються назад у виробничий процес або використовуються повторно.

Циркулярна економіка основана на кількох ключових принципах, зокрема: зменшення споживання природних ресурсів, максимальне використання наявних матеріалів і ресурсів, а також зниження застосування нових сировинних матеріалів; повторне використання та ремонт, замість того, щоб викидати вживані продукти, їх ремонтують або оновлюють, продовжуючи термін їх служби; перероблення та відновлення матеріалів, застосування технологій перероблення, що дають змогу матеріалам знову стати сировиною для виробництва нових товарів; екологічна ефективність, зниження енергетичних витрат і впливу на довкілля в процесі виробництва товарів і послуг.

Упровадження циркулярної економіки сприяє зниженню екологічного навантаження за допомогою різних механізмів, зокрема: зменшення відходів, замкнуті цикли забезпечують, щоб продукти не ставали відходами, а перероблялись або повторно використовувались, це дає змогу зменшувати кількість сміття, яке потрапляє на полігони або в навколишнє середовище; зниження викидів парникових газів, використання вторинних матеріалів та перероблення зменшують потребу в первинних ресурсах, що потребують енергоємного видобутку та оброблення, знижують викиди CO₂ та інших парникових газів; економія води й енергії, використання перероблених матеріалів допомагає зменшити потребу в значних кількостях води та енергії, що зазвичай витрачаються для видобутку й оброблення первинних ресурсів; відновлення екосистем, циркулярна економіка сприяє збереженню біорізноманіття внаслідок зменшення потреби в нових землях для видобутку сировини, що дає змогу захистити природні екосистеми від руйнування [25].

Упровадження циркулярної економіки сприяє досягненню значних екологічних та економічних вигод: скорочення обсягів відходів, перехід до моделей, що передбачають використання матеріалів до кінця їх життєвого циклу, дає змогу суттєво зменшити обсяги відходів і впливати на ефективність їх управління; економія ресурсів, використання вто-

ринних матеріалів замість нових допомагає зменшити залежність від природних ресурсів, що в довгостроковій перспективі знижує витрати та підвищує економічну стійкість; підвищення конкурентоспроможності бізнесу, компанії, які впроваджують циркулярні стратегії, можуть знижувати виробничі витрати та підвищувати свою ефективність внаслідок використання повторно оброблених матеріалів або енергоефективних технологій; зниження негативного впливу на здоров'я людини, зменшення забруднення довкілля сприяє покращенню якості життя, знижує ризики, пов'язані із забрудненням повітря, води та ґрунтів.

Упровадження циркулярних принципів може бути реалізоване в різних секторах економіки: індустріальний симбіоз, на підприємствах, що працюють в межах індустріального симбіозу, відходи одного підприємства використовуються як сировина для іншого, що дає змогу створити ефективні замкнуті цикли, зменшити потребу в нових ресурсах і відходах; перероблення та повторне використання в текстильній промисловості, деякі компанії, зокрема *Patagonia* або *H&M*, використовують тканини з перероблених матеріалів, що значно зменшує необхідність у нових текстильних волокнах та воді для їх виробництва; моделі обміну чи ремонту техніки, замість того, щоб викидати старі мобільні телефони або побутову техніку, їх можна відновлювати або перепродавати, що знижує потребу в нових пристроях і зменшує кількість електронних відходів.

Незважаючи на всі переваги, впровадження циркулярної економіки стикається з деякими перешкодами: недостатня інфраструктура для перероблення, в багатьох країнах інфраструктура для ефективного перероблення та повторного використання матеріалів ще не розвинена, що ускладнює впровадження циркулярних принципів; відсутність законодавчих ініціатив, у деяких країнах відсутні відповідні закони та регулювання, що підтримують циркулярні моделі економіки, що може стримувати підприємства від впровадження таких технологій; висока початкова вартість переходу, для багатьох компаній перехід на циркулярні моделі може вимагати значних початкових інвестицій у нові технології або зміну виробничих процесів.

Циркулярна економіка є потужним механізмом для зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище. Вона сприяє збереженню природних ресурсів,

зменшенню відходів, викидів парникових газів і покращенню якості життя. Упровадження циркулярних принципів у бізнес та економіку дає змогу досягти значних вигод не тільки для довкілля, а й для економічного зростання та стійкості. Однак для ефективного використання цього підходу необхідно розвивати інфраструктуру, впроваджувати законодавчі ініціативи та створювати умови для більш широкого застосування циркулярних принципів у різних галузях [26].

Міжнародні екологічні стандарти відіграють важливу роль у регулюванні промислових і транспортних впливів на навколишнє середовище. Вони створюють єдині критерії та вимоги для забезпечення сталого розвитку, зменшення негативного впливу на природу та забезпечення екологічної безпеки на глобальному рівні. Міжнародні стандарти забезпечують ефективне управління екологічними ризиками, сприяють упровадженню інноваційних технологій та методів, що допомагають зменшити забруднення, знизити викиди парникових газів та оптимізувати використання природних ресурсів у промисловості та транспорті.

Один із найважливіших міжнародних стандартів, що регулює промислові та транспортні впливи, – це ISO 14001. Він визначає вимоги до екологічного менеджменту підприємств та організацій, сприяючи зменшенню негативного впливу їх діяльності на довкілля. Цей стандарт допомагає компаніям організувати ефективну систему управління, що передбачає моніторинг, оцінювання та коригування впливів на довкілля, сприяючи підвищенню екологічної ефективності та зниженню витрат на енергетичні ресурси та сировину. Отже, ISO 14001 є важливим інструментом для підтримки сталого розвитку та екологічної відповідальності на підприємствах.

Важливу роль у регулюванні транспортних впливів на довкілля відіграють також міжнародні угоди та ініціативи, такі як Конвенція ООН щодо змін клімату (COP) та протоколи, що регулюють викиди парникових газів від транспорту. Наприклад, Протокол Кіото та Паризька угода сприяють скороченню викидів CO₂ внаслідок діяльності транспорту та індустрії, що є одними з основних джерел забруднення атмосферного повітря. Стандарти, що визначають вимоги до екологічної безпеки транспортних засобів, таких як Європейські норми щодо викидів CO₂ та CO, забезпечують зниження забруднення та

енергетичну ефективність транспортних систем.

Крім того, міжнародні стандарти дають змогу забезпечити гармонізацію екологічної політики в різних країнах, що є необхідним для ефективної боротьби з глобальними екологічними проблемами, такими як зміни клімату, забруднення води та повітря. Це забезпечує рівні умови для підприємств і організацій в різних країнах, підвищує міжнародну співпрацю та сприяє реалізації екологічних цілей на глобальному рівні. Так, міжнародні екологічні стандарти мають критичне значення для встановлення та підтримки екологічної безпеки, ефективного зниження екологічного впливу на навколишнє середовище, а також для досягнення сталого розвитку в усіх секторах економіки.

Отже, міжнародні екологічні стандарти є важливим інструментом у регулюванні впливів промисловості та транспорту на довкілля. Вони забезпечують основи для сталого розвитку, сприяють упровадженню передових технологій та ефективного управління екологічними ризиками, а також допомагають знижувати рівень забруднення та викидів парникових газів.

Висновки

Запропоновано розроблення неоекологічних підходів для оцінювання та зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище, зокрема за допомогою застосування інноваційних методів екологічного моніторингу, біотехнологічної рекультиваци та принципів циркулярної економіки. Розроблені підходи передбачають упровадження сучасних технологій для зниження екологічних ризиків, покращення якості середовища та оптимізацію використання природних ресурсів, що сприяє зменшенню негативних впливів промислових і транспортних систем на довкілля.

У межах дослідження також розглянуто ефективність інтеграції циркулярної економіки та біотехнологічних рішень у рекультиваци забруднених територій. Розроблено способи зменшення викидів парникових газів і забруднення навколишнього середовища за допомогою використання вторинних матеріалів, а також впровадження біотехнологій для очищення ґрунтів і води. Ці рішення демонструють високий потенціал у зниженні екологічного навантаження та сприяють сталому розвитку на рівні промислових і транспортних впливів.

Література

1. Бойко В. П., Мельник О. С., Савченко Л. В. Системи екологічного моніторингу: сучасні технології та перспективи розвитку. *Екологічний вісник України*. Київ, 2021. № 4. С. 12–18.
2. Гончаренко П. М., Сидоренко Ю. О., Коваленко І. В. Біотехнологічні методи рекультиваци забруднених територій. *Наукові праці Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Київ, 2020. Вип. 314. С. 65–72.
3. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ, 2015.
4. Шевченко А. Г., Пилипенко Д. О. Використання водневих технологій у транспортному секторі: проблеми та перспективи. *Автомобільний транспорт і екологія*. Харків, 2022. № 2. С. 27–34.
5. Кравець В. М., Лисенко Ю. А. Циркулярна економіка як стратегія мінімізації антропогенного навантаження. *Екологічна безпека та природокористування*. Дніпро, 2019. Вип. 28. С. 44–51.
6. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization, 2018.
7. Європейська комісія. Екологічні стандарти та їх впровадження у країнах ЄС. *Офіційний звіт Європейської комісії*. Брюссель, 2020. 124 с.
8. Welcome to Circular Economy. 2023. URL: <http://www.circulareconomy.org> (дата звернення: 15.03.2025).
9. Patent № US 10,876,543 B2 United States. System and method for environmental impact monitoring. Опубл. 15.02.2021.
10. Artificial Intelligence in Environmental Protection. 2022. URL: <http://www.aienvironment.com/articles> (дата звернення: 12.03.2025).
11. Козлов А. С. Вплив промислових підприємств на навколишнє середовище. *Журнал екологічних досліджень*. 2019. 3(1). 56–60.
12. Бобровський В. П. Технології зниження впливу сільського господарства на навколишнє середовище. *Екологічний моніторинг*. 2020. 8(2). 112–120.
13. Мельник О. І. Забруднення повітря транспортом: наслідки та шляхи зменшення. *Вісник екології*. 2021. 15(5), 45–50.
14. Черкасов О. М. Управління відходами: сучасний стан та перспективи. *Екологічні дослідження*. 2022. 4(3). 34–39.
15. Smith P., et al. Agriculture, climate change, and the future of food systems. *Science*. 2014. 345(6192). 25–27.
16. Петрова Л. Г. Вплив антропогенного навантаження на біорізноманіття. *Проблеми екології*. 2021. 7(2). 86–91.
17. Григоренко С. М. Водні ресурси та їх забруднення. *Науковий журнал екології*. 2020. 9(4). 75–80.

18. Черненко А. В. Деградація ґрунтів: шляхи вирішення проблеми. *Екологія та природокористування*. 2023. 12(6). 45–50.
19. Українська екологічна асоціація. Зміни клімату та їх наслідки для екосистем України. Київ: УЕА, 2020.
20. Воронов В. А. Актуальні проблеми забруднення водних ресурсів. *Екологія та право*. 2019. 6(3). 58–64.
21. Литвиненко І. В. Методи боротьби з деградацією ґрунтів в Україні. *Науковий журнал екології*. 2022. 14(1). 45–49.
22. Мельникова І. В. Фіторе mediaція як метод рекультивзації забруднених територій. *Екологія та природокористування*, Київ, 2020. 9(4). 112–117.
23. Гудзь В. К., Іванова Л. О. Біоре mediaція нафтових забруднень: сучасний стан і перспективи. *Науковий журнал екології*. Харків, 2019. 13(2). 78–82.
24. Литвиненко С. В. Мікробіологічне очищення води від токсичних забруднювачів. *Журнал водних ресурсів*. Одеса, 2021. 14(6). 64–70.
25. Ellen MacArthur Foundation. The Circular Economy: A Powerful Force for Climate Mitigation. Ellen MacArthur Foundation, Лондон, 2019.
26. Geissdoerfer M., et al. The Circular Economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2017. 143. 757–768.
8. Welcome to Circular Economy. (2023). URL: <http://www.circulareconomy.org> (Accessed March 15, 2025).
9. Patent № US 10,876,543 B2 United States. System and method for environmental impact monitoring. Published on February 15, 2021.
10. Artificial Intelligence in Environmental Protection. (2022). URL: <http://www.aienvironment.com/articles> (Accessed March 12, 2025).
11. Kozlov A. S. (2019). The impact of industrial enterprises on the environment. *Journal of Environmental Research*, 3(1), 56–60.
12. Bobrovskiy V. P. (2020). Technologies to reduce the impact of agriculture on the environment. *Environmental Monitoring*, 8(2), 112–120 [in Ukrainian].
13. Melnyk O. I. (2021). Air pollution by transport: consequences and ways to reduce it. *Ecology Bulletin*, 15(5), 45–50 [in Ukrainian].
14. Cherkasov O. M. (2022). Waste management: current status and prospects. *Environmental Research*, 4(3), 34–39 [in Ukrainian].
15. Smith, P., et al. (2014). Agriculture, climate change, and the future of food systems. *Science*, 345(6192), 25–27.
16. Petrova L. H. (2021). The impact of anthropogenic load on biodiversity. *Ecological Problems*, 7(2), 86–91 [in Ukrainian].
17. Hryhorenko S. M. (2020). Water resources and their pollution. *Scientific Journal of Ecology*, 9(4), 75–80 [in Ukrainian].
18. Chernenko A.V. (2023). Soil degradation: solutions to the problem. *Ecology and Natural Resource Use*, 12(6), 45–50 [in Ukrainian].
19. Ukrainian Ecological Association. (2020). Climate change and its consequences for Ukraine's ecosystems. Kyiv: UEA.
20. Voronov V. A. (2019). Current issues of water resource pollution. *Ecology and Law*, 6(3), 58–64 [in Ukrainian].
21. Lytvynenko I. V. (2022). Methods to combat soil degradation in Ukraine. *Scientific Journal of Ecology*, 14(1), 45–49 [in Ukrainian].
22. Melnykova I. V. (2020). Phytoremediation as a method of reclamation of contaminated areas. *Ecology and Nature Management*, Kyiv, 9(4), 112–117 [in Ukrainian].
23. Hudzi V. K., Ivanova L. O. (2019). Bioremediation of oil contamination: current state and prospects. *Scientific Journal of Ecology*, Kharkiv, 13(2), 78–82 [in Ukrainian].
24. Lytvynenko S. V. (2021). Microbiological water purification from toxic pollutants. *Journal of Water Resources*, Odessa, 14(6), 64–70 [in Ukrainian].
25. Ellen MacArthur Foundation. (2019). The Circular Economy: A Powerful Force for Climate Mitigation. Ellen MacArthur Foundation, London.
26. Geissdoerfer, M., et al. (2017). The Circular Economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.

References

Калюжна Юлія Сергіївна¹, канд. техн. наук,
доц. каф. екології, uskalmikova@gmail.com,
тел. +38 095-318-72-76;

Коверсун Світлана Олександрівна¹, ст. викл.
каф. екології, svetlanakoversun@gmail.com,
тел. +380977107683;

Хабарова Ганна Володимирівна², провідний
науковий співробітник лабораторії радіоекологіч-
ної безпеки та радіаційного моніторингу, канд.
техн. наук, завідувач аспірантури УКРНДІЕП,
тел. +380953193122, anetp@ukr.net

¹Харківський національний автомобільно-
дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків,
вул. Ярослава Мудрого, 25

²Науково-дослідна установа «Український нау-
ково-дослідний інститут екологічних проблем»
(УКРНДІЕП), м. Харків, вул. Єніна Євгенія, 6

Neoeological Approaches to Assessing and Reducing Anthropogenic Environmental Impact

Abstract. Problem. The article examines contemporary neoeological approaches to assessing and minimizing anthropogenic environmental impact. It analyzes quantitative and qualitative methods for evaluating the impact of industrial, transport, and agricultural objects on ecosystems. Innovative technologies and engineering solutions aimed at reducing negative environmental consequences are considered, including biotechnological reclamation methods, environmental monitoring, and the implementation of circular economy principles. Special attention is given to the adaptation of international environmental standards and their impact on regulating anthropogenic load. **Goal.** The goal is to develop neoeological approaches for assessing and reducing anthropogenic pressure on the environment through the application of innovative methods of environmental monitoring, biotechnological reclamation, and the principles of circular economy. **Methodology.** The methodology of this study is based on a comprehensive analysis of current neoeological approaches to assessing and reducing anthropogenic pressure on the environment. This includes a combination of quantitative and qualitative methods for evaluating the impact of industrial, transport, and agricultural activities on ecosystems. The research focuses on the application of modern environmental monitoring tools, biotechnological reclamation technologies, and the principles of circular economy. The study uses a multidisciplinary approach, combining ecological, technological, and economic aspects to address the challenges of sustainable resource management and ecosystem protection. **Results.** The results of the study demonstrate that the effective reduction of anthropogenic load on the environment can be achieved through a combination of advanced ecological monitoring techniques and innovative biotechnological methods for reclamation. The anal-

ysis of industrial, transport, and agricultural impacts on natural ecosystems highlights the need for targeted strategies that integrate environmental protection with economic development. The research also emphasizes the importance of adopting circular economy principles to optimize resource use and reduce waste in various sectors. The findings suggest that the integration of these approaches could significantly contribute to the preservation and restoration of ecosystems while minimizing environmental degradation. **Originality.** This study provides a novel approach to neoeology by integrating contemporary technologies, biotechnological innovations, and circular economy concepts into the framework of environmental protection. The originality of this research lies in its comprehensive evaluation of the methods for assessing anthropogenic impacts and its emphasis on the practical application of modern reclamation technologies. By focusing on the interconnection between ecological safety and sustainable resource management, the study introduces a unique perspective on mitigating the negative environmental effects of human activity. **Practical Value.** The practical value of this research lies in its contribution to the development of effective strategies for reducing anthropogenic load on the environment. The application of modern ecological monitoring methods, along with biotechnological reclamation technologies and circular economy practices, offers practical solutions for the restoration of ecosystems and the promotion of sustainable development. This study can serve as a foundation for policymakers, environmental engineers, and business leaders in implementing more sustainable practices in industry, transportation, and agriculture, ultimately fostering environmental safety and ecological balance..

Key words: Neoeology, anthropogenic load, environmental monitoring, biotechnology, circular economy, ecological safety.

Kalyuzhna Yulia¹, PhD, Associate Professor of the
Department of Ecology,
uskalmikova@gmail.com,
tel. +38 095-318-72-76;

Koversun Svitlana¹, Senior Lecturer of the
Department of Ecology,
svetlanakoversun@gmail.com,
tel. +380977107683;

Khabarova Hanna², Senior Researcher of the
Laboratory of Radioecological Safety and Radiation
Monitoring, PhD, Head of Postgraduate Studies at
UKRNDE, tel. +380953193122, anetp@ukr.net
¹Kharkiv National Automobile and Highway
University, 61002, Ukraine, Kharkiv, 25 Yaroslava
Mudroho Str.

²Ukrainian Scientific Research Institute of
Environmental Problems (UKRNDE),
Kharkiv, 6 Yevheniya Yenina Str.