

16. Romero-Olivares A. L., Allison S. D., Treseder K. K. Soil microbes and their response to experimental warming over time: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. Vol. 107. P. 32–40.
17. Іутинська Г. О. Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого розвитку агросфери України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 149–155.
18. Галстян А.Ш. Некоторые вопросы изучения почвенных ферментов. *Сообщение лаборатории агрохимии*. 1959. № 2. С. 36–48.
19. Ермантраут Е Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: Поліграф Консалтинг, 2007. 56 с.
20. Філон В.І., Казаков В.А., Ольховський Г.Ф., Залізівський В.С. Методика агрохімічних досліджень. Харків, 2017. 224 с.
21. Patyka V.P., Pasichnyk L.A. Phytopathogenic bacteria in the system of modern agriculture. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*. 2014. № 76(1): 21–26.
22. Vandenberghe L.P., Garcia L.M., Rodrigues C., Camara M.C., Pereira G.V., 2017. Potential applications of plant probiotic microorganisms in agriculture and forestry. *AIMS Microbiology*. 2017. № 3(3):629–648.
23. Edjabou E., Jensen B., Götze R., Pivnenko K., Petersen C., Scheutz C., Astrup F. Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management*. 2015. Vol. 36. P. 12–23.
24. Писаренко П.В., Диченко О.Ю., Цьова Ю.А., Серета М.С. Напрями біоре mediaції техногенно забруднених ґрунтів. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 120, 2021. С. 282–292.

УДК 504.53.052

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.50>

---

## ЗМІНИ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ҐРУНТУ ПІД ВПЛИВОМ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ

---

**Романчук Л.Д.** – д.с.-г.н., професор,

проректор з наукової роботи та інноваційного розвитку,

Поліський національний університет

**Ціпан Ю.Р.** – аспірант кафедри екології,

Національний університет водного господарства та природокористування

**Грицюк В.В.** – старший викладач кафедри лісівництва,

Надслучанський інститут Національного університету водного господарства та природокористування

**Миронець М.А.** – старший викладач кафедри гуманітарних та загальнотехнічних дисциплін,

Надслучанський інститут Національного університету водного господарства та природокористування

*Статтю присвячено аналізу питання виявлення змін екосистемних послуг ґрунту та існуючих критеріїв для проведення подібних оцінок. Помічено, що поява концепції екосистемних послуг інтегрувалась у розуміння біосферного значення ґрунтових*

---

екосистем і стала невід'ємною частиною сталого управління природними ресурсами. Особлива увага при цьому спрямована на попередження таких небезпечних для ґрунту явищ, як ерозія, зменшення вмісту органічної речовини, точкове та дифузне забруднення, ущільнення, зниження біорізноманіття, засолення, наводки та зсуви, меліорація, знеліснення, забудова та захоронення видобутих корисних копалин. Проаналізовано, що з розвитком концепції екосистемних послуг значно розширився термінологічний апарат, зокрема з'явилися такі поняття як екологічна інфраструктура ґрунту, природний капітал ґрунту та опорні функції ґрунту. Це розширило можливості прийняття екологічно зважених рішень при управлінні станом природними ресурсами в світі. З'ясовано, що для виявлення впливу антропогенних факторів на екосистемні послуги ґрунту дуже важливо мати чіткі індикатори. Йдеться про критерії оцінки, які здатні виявляти зміни та передавати інтенсивність їх прояву. Було помічено, що на сучасному етапі розвитку оцінок екосистемних послуг ґрунту простежуються два ключові підходи. Перший заснований на оцінці якості та властивостей ґрунту за фізико-хімічними показниками. Другий заснований на вираженні збитків від втрат екосистемних послуг в грошовому еквіваленті. І лише окремі небагаточисленні дослідження будуються на поєднанні цих двох підходів і демонструють комплексний підхід. Зроблено узагальнення, що виявлення змін екосистемних послуг ґрунту під дією антропогенних факторів потребує подальшого методологічного вдосконалення та послідовного впровадження для підтримки максимального екологічного потенціалу ґрунту.

**Ключові слова:** ґрунт, екосистемні послуги, антропогенний вплив, природний капітал ґрунту.

**Romanchuk L.D., Tsipan Yu.R., Hrytsiuk V.V., Myronets M.A. Changes in soil ecosystem services under the influence of anthropogenic factors**

The article is devoted to the analysis of the issue of detecting changes in soil ecosystem services and the existing criteria for conducting similar assessments. It was noted that the emergence of the concept of ecosystem services was integrated into the understanding of the biosphere significance of soil ecosystems and became an integral part of sustainable management of natural resources. Special attention is directed to the prevention of such dangerous phenomena for the soil as erosion, reduction of the content of organic matter, point and diffuse pollution, compaction, reduction of biodiversity, salinization, floods and landslides, land reclamation, deforestation, construction and burial of mined minerals. It was analysed that with the development of the concept of ecosystem services, the terminological apparatus expanded significantly, in particular, such concepts as ecological infrastructure of the soil, natural capital of the soil, and supporting functions of the soil appeared. This has expanded the possibilities of making ecologically sound decisions when managing the state of natural resources in the world. It was found out that it is very important to have clear indicators to identify the impact of anthropogenic factors on soil ecosystem services. We are talking about evaluation criteria that are able to detect changes and convey the intensity of their manifestation. It was observed that at the current stage of development of soil ecosystem services assessments, two key approaches are observed. The first is based on the assessment of the quality and properties of the soil according to physical and chemical indicators. The second is based on the expression of damages from the loss of ecosystem services in monetary terms. And only a few individual studies are built on the combination of these two approaches and demonstrate a comprehensive approach. A generalization is made that the detection of changes in soil ecosystem services under the influence of anthropogenic factors requires further methodological improvement and consistent implementation to support the maximum ecological potential of the soil.

**Key words:** soil, ecosystem services, anthropogenic impact, natural soil capital.

**Постановка проблеми.** Ключовим компонентом наземних екосистем та одним із найскладніших біоматеріалів на землі є ґрунт. Багатофункціональна роль ґрунту в існуванні екосистем пояснюється його безпосереднім і одночасним контактом з літосферою, біосферою, гідросферою та атмосферою. Притаманні ґрунту особливості та процеси, що в ньому протікають встановлюють біологічний баланс між компонентами екосистеми та формують кругообіг речовин та енергії. Весь комплекс ґрунтових властивостей на фоні певних природно-кліматичних умов визначає стійкість ґрунту до впливу природних та антропогенних факторів, дія яких може змінювати екологічний стан ґрунту та пов'язані з ним екосистемні

послуги. Такі зміни найбільш проявляються під дією антропогенних факторів, що часто призводить до прояву деградаційних процесів ґрунту різної інтенсивності. З погляду концепції сталого управління природними ресурсами, яка зосереджена на взаємозалежності економіки та навколишнього середовища, стійкість ґрунту може оцінюватись з двох позицій: одна позиція стверджує, що будь-які зміни є деградацією, а інша позиція передбачає, що всі зміни допустимі, якщо вони забезпечують матеріальну вигоду. Тож, виникає питання, чи можливо виявити рівень антропогенного впливу на екосистемні послуги ґрунту та за якими критеріями проводити такі оцінки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відповідно до бачення Ради з оцінки екосистем століття [1], користь, яку отримують люди від ґрунтів можна згрупувати в чотири категорії: послуги забезпечення, послуги регулювання, послуги культури та функції підтримки. Екосистемними послугами ґрунту спільно називають їх широкий спектр товарів і послуг, які є важливими для добробуту людей і сталого соціально-економічного розвитку [2–5].

Так, послуги забезпечення трактується як отримання людиною продуктів з екосистем, таких як їжа, паливо, клітковина, прісна вода, лікарські, біохімічні, генетичні та декоративні ресурси. Послуги регулювання як переваги, які люди отримують від існуючих процесів екосистем, а також можливостей їх керування, включаючи підтримку якості повітря, регулювання клімату, профілактика ерозії, регулювання захворювань людини та очищення води, біологічний контроль. Послуги культури це нематеріальні вигоди, які люди отримують від екосистем через естетичну та культурно-мистецьку інформацію, духовно-історичні відомості, відпочинок, когнітивний розвиток, науку та освіту, роздуми. Допоміжні послуги, або функції підтримки це процеси необхідні для виробництва всіх інших екосистемних послуг, таких як первинне виробництво, продукування кисню та формування ґрунту, підтримка генетичного різноманіття, кругообіг поживних речовин [1].

Стверджується, що крім екосистемних послуг, ґрунт відіграє невід'ємну роль у глобальних викликах стійкості навколишнього середовища, таких як продовольча безпека, водна безпека, енергетична стійкість, кліматична стабільність та біорізноманіття [6; 7].

За останні два десятиріччя вченими, неурядовими організаціями та урядами по всьому світі такі погляди набрали оберту та визнання, що спричинило появу нової термінології відносно підходів до ґрунтових екосистем (табл. 1) [8].

Враховуючи постійно зростаюче антропогенне навантаження на природний капітал ґрунту, внаслідок чого складні підземні ґрунтові екосистеми зазнають суттєвих змін, у наукових публікаціях все частіше з'являються результати проведення їх кількісних та якісних оцінок [9]. Зокрема, розглядаються такі явища деградації ґрунту як: ерозія [10], зменшення вмісту органічної речовини [11], точкове та дифузне забруднення [12], ущільнення [13], зниження біорізноманіття [14], засолення [15], паводки та зсуви [16].

**Постановка завдання.** Метою нашої роботи було проведення аналізу наукової літератури щодо причин виникнення та можливостей оцінювання змін екосистемних послуг ґрунту під впливом антропогенних факторів.

**Виклад основного матеріалу.** Для розуміння впливу антропогенних факторів безпосередньо на екосистемні послуги ґрунту важливо знати критерії, показники, або індикатори, які дозволяють судити про ці зміни та інтенсивність їх прояву. Але, попри багатий досвід вивчення властивостей ґрунту, вибір набору чутливих

Таблиця 1

**Ключові терміни в наукових та виробничих підходах до ґрунтових екосистем**

<b>Терміни</b>	<b>Визначення</b>
Екологічна інфраструктура ґрунту	Природні властивості ґрунту, його базовий капітал і функції підтримки, які лежать в основі інших екосистемних послуг і перебувають у динамічному зв'язку з ґрунтовими процесами та природним капіталом ґрунту.
Екосистемні послуги ґрунту	Потоки з екологічної інфраструктури ґрунту. Екосистемні послуги ґрунту стосуються як екосистемних благ, так і послуг самого ґрунту.
Природний капітал ґрунту	Запаси ґрунту на Землі, які дають потік товарів і послуг. Природний капітал ґрунту характеризується ґрунтовими властивостями.
Ґрунтові процеси	Будь-яка фізична, хімічна чи біологічна зміна чи реакція, яка відбувається в ґрунті. Складні взаємодії між біотичними та абіотичними елементами ґрунту.
Властивості ґрунту	Фізичні, хімічні та біологічні характеристики ґрунту. Вони можуть бути властивими або керованими.
Опорні функції ґрунту	Підмножина взаємодій між природним капіталом і ґрунтовими процесами, які необхідні для виробництва кінцевих екосистемних послуг ґрунту та товарів, які задовольняють потреби людини. Допоміжні функції є проміжними етапами в ланцюжку запасів і потоків, тому вони не споживаються безпосередньо і не оцінюються економічно.

індикаторів, що відображають динаміку зміни ґрунтових функцій та можуть бути використаними для оцінки екосистемних послуг ґрунту, залишається на сьогодні складним завданням [17].

У випадках, коли даних про ґрунти досліджуваної території недостатньо, одними з найбільш часто використовуваних непрямих індикаторів є дані про структуру землекористування та характер рослинного покриву [5]. Якщо дані про властивості ґрунту є наявними в достатній кількості, стає можливим аналіз прямих індикаторів. Зокрема, дані про органічний вуглець ґрунту та глибину шару, які відображують здатність ґрунту накопичувати парникові гази, дозволяють судити про таку екосистемну послугу регулювання, як нагромадження вуглецю ґрунтом. Дані про об'ємну щільність, шпаруватість, ступінь стиснення та текстуру ґрунту, які відображують інфільтраційну здатність та водні запаси ґрунту, дозволяють судити про екосистемну послугу регулювання – інфільтрація води ґрунтом. Про екосистемну послугу регулювання поживних речовин можливо судити за ємністю катіонного обміну, який надає уявлення про здатність ґрунтів поглинати поживні речовини та передавати їх рослинам [3]. Об'єми та масштаби збирання рослин для споживання в їжу людиною, або пасовищ для худоби (га/рік) дозволяють судити про таку екосистемну послугу забезпечення, як виробництво ґрунту [18].

Властивості ґрунту часто змінюються повільно через існуючу практику землекористування та управління, при яких належна увага приділяється підтриманню якості ґрунту. Якість ґрунту – це «здатність певного виду ґрунту функціонувати в межах природних або керованих екосистемних кордонів, підтримувати продуктивність рослин та тварин, підтримувати чи покращувати якість води та повітря, а також підтримувати здоров'я та житло людини» [19]. Тобто, розуміння різних

екосистемних послуг та пов'язаних з ними функцій ґрунту, виходять з інформації про якість ґрунту.

Прикладами інструментів оцінки якості ґрунту з врахуванням його екосистемних послуг є Комплексна оцінка стану ґрунту (CASH) [20], Структура оцінки управління ґрунтом (SMAF) [21] та Біофункціонал [22]. Щоправда, наведені методики зосереджені на конкретних екосистемах, таких як сільськогосподарські угіддя, пасовища та насадження дерев, і тому незрозуміло, наскільки повно вони враховують багатофункціональність ґрунту та можуть бути застосовані до інших типів екосистем.

Також, різні підходи до оцінок якості ґрунту використовують різну кількість показників, які характеризують ґрунтові властивості. Наприклад, у дослідженнях з оцінки якості та екосистемних послуг ґрунтів міського ландшафту в одних авторів було використано всього три показники, що відображають накопичення вуглецю, якість ґрунтових вод та об'єми їх стоку [23], а в інших авторів – шість показників: виробництво продуктів харчування, буферизація, нагромадження вуглецю, регулювання та зберігання води [24]. При вивченні взаємовпливу екосистемних послуг на сільськогосподарських угіддях та пасовищах використовували чотири індикатори властивостей ґрунтів: об'ємну щільність, текстуру, органічний вуглець та родючість ґрунту [18].

Зміни в інтенсивності прояву антропогенних факторів можуть чинити суттєвий вплив як на окремі екосистемні послуги, так і на взаємодію між декількома екосистемними послугами. Це пов'язано з тим, що взаємодії екосистемних послуг виникають як реакція на різні дії в системі. Русійськими силами при цьому є екзогенні або ендегенні впливи, які можуть бути пов'язані з діями людини або природною мінливістю [25].

Так, при спостереженнях за посівами багаторічних та однорічних культур зміни ґрунту пов'язувались із застосуванням добрив. Їх внесення сприяло посиленню мікробіологічної активності, що інтенсифікувало процеси окислення органічної речовини та вилугування і призводило до зниження концентрації органічного вуглецю в ґрунті [26]. Ущільненню ґрунту на пасовищах запобігав високий вміст органічної речовини, який здатен розсіювати енергію ущільнення та сприяє стабілізації агрегатів та утворенню ґрунтових пор [27]. А виснаження органічної речовини з ґрунту впливало на зменшення інфільтрації води у ґрунт, оскільки вуглець відіграє вирішальну роль у стабілізації агрегатів та формуванні пор [28]. Повідомляється також, що надання ґрунтом виробничих послуг часто призводить до пригнічення його інших екосистемних послуг, таких як регулювання поживних речовин, інфільтрація ґрунтових вод та протидія ерозії [29]. При аналізі змін екосистемних послуг ґрунтів сільськогосподарських угідь, під багаторічними культурами була помічена позитивна кореляція між послугою виробництва та послугою регулювання поживних речовин, а для однорічних культур – між нагромадженням вуглецю та регулюванням поживних речовин; від'ємна кореляція відмічалась між послугами виробництва та інфільтрацією води [18].

Вважається, що більшість екосистемних послуг є продуктами поєднання природного капіталу та різних форм соціального, кадрового, фінансового та технологічного капіталів, а для їх належної підтримки повинні забезпечуватись раціональне управління та політика [17]. Цілком очевидно, що саме характер управління земельними ресурсами зумовлює наявність та інтенсивність дії антропогенних факторів на ґрунт та його екосистемні послуги. Так, у Європі впродовж 1990–2018 рр. підвищений антропогенний вплив на ґрунти констатовано на

42745 км<sup>2</sup> (0,18 % площі вивченої поверхні), а зменшення антропогенного впливу на 14248 км<sup>2</sup> (0,06 %). При цьому, осередки зростаючої антропогенної дії були виявлені в регіонах зі швидким розвитком, у той час як зменшення впливу часто було пов'язаним із занедбаністю земель [13].

У масштабах світу, станом на 2010 р. повідомлялось про 33% деградованих земель [30]. Основними причинами, які зумовлюють трансформацію ґрунту є осушення [31], знеліснення [32], будівництво, видобуток корисних копалин та вирощування сільськогосподарських культур [33], ущільнення ґрунту [13] та ерозійні процеси на сільськогосподарських угіддях, які є на порядок вищі природних ерозійних процесів [10], а також меліорація та захоронення викопного матеріалу [35]. І якщо природні особливості ґрунтів є важливими характеристиками в таксономії ґрунтів, то їх антропогенні особливості вважаються однозначними індикаторами епохи «антропоцену», у ході історії якої переважали антропогенні процеси [13; 36].

Варто зауважити, що на відміну від підходів до оцінок якості ґрунту, які базуються на безпосередніх польових та лабораторних дослідженнях фізико-хімічних властивостей ґрунту, підходи до оцінок змін екосистемних послуг часто базуються на системі матеріальних цінностей. Йдеться про встановлення економічних параметрів, у тому числі грошовий еквівалент, який здатен кількісно передати збитки від втрат екосистемних послуг ґрунту [37]. З погляду екосистемних послуг вартість їх прямого використання часто пов'язана із забезпеченням (наприклад, веденням сільського господарства) та культурними екосистемними послугами (наприклад, рекреаційною діяльністю). Цінність непрямого використання пов'язана з внеском природних ресурсів у забезпечення або підтримку основних екосистемних послуг (наприклад, кругообіг поживних речовин, або регулювання клімату) [38].

Існують погляди, що заперечують доцільність вираження вартості екосистем у грошових одиницях. Таке ставлення обґрунтовується тим, що будь-яка спроба виразити вартість екосистемних послуг у грошовому еквіваленті спричинює скорочення аналізованих аспектів та послаблює потенціал досягнення стійкості ґрунтових екосистем [39].

У будь-якому разі, зміни у властивостях природного капіталу впливають на ґрунтові процеси, які підтримують надання екосистемних послуг [18; 37; 38]. Наприклад, без екосистемних послуг ґрунту, людство не отримувало б чисту питну воду та не мало б належного захисту від повеней [1].

Успішним прикладом, на нашу думку, є спроба оцінити рівень антропогенного впливу від ведення сільського господарства на екосистемні послуги ґрунту засобом ступінчастої каскадної моделі. Її автори, оцінюючи ефекти управління земельними ресурсами, розмежували властивості, функції та послуги екосистем і, таким чином, уникнули подвійного обліку. Вони підтвердили, що функціональні індикатори є «підмножиною», або «комбінацією» індикаторів властивостей екосистем [3].

У цілому, підходи до виявлення кількісних прямих та непрямих екосистемних змін ґрунту під дією антропогенного навантаження все ще лишаються небагаточисленними, оскільки пов'язані з багатьма труднощами та відсутністю об'єктивних для кожного випадку методологічних підходів.

**Висновки і пропозиції.** Інтеграція концепції екосистемних послуг ґрунту впродовж останніх десятиліть стала невід'ємною частиною сталого управління природними ресурсами та розширила термінологічний апарат і можливості прийняття виправданих управлінських рішень. Для виявлення впливу антропогенних факторів на екосистемні послуги ґрунту важливо мати чіткі індикатори, здатні

оцінити ці зміни та інтенсивність їх прояву. В сучасних дослідженнях цього питання простежуються два підходи: заснований на оцінці якості та властивостей ґрунту за фізико-хімічними показниками та заснований на вираженні в грошовому еквіваленті збитків від втрат екосистемних послуг. І лише окремі дослідження демонструють комплексний підхід. Це свідчить, що виявлення змін екосистемних послуг ґрунту під дією антропогенних факторів потребує подальшого методологічного вдосконалення та послідовного впровадження для підтримки максимального екологічного потенціалу ґрунту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-being: Synthesis / W. V. Reid et al.; for editors Sarukhán J. and Whyte A. Washington : Island Press, DC, 2005. 155 P.
2. Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997. Vol. 387, №6630. P. 253–260.
3. Dominati E., Patterson M., Mackay A. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*. 2010. Vol. 69, №9. P. 1858–1868.
4. Robinson D. A., Emmett B. A., Reynolds B., Rowe E. C. Chapter 3. Soil Natural Capital and Ecosystem Service Delivery in a World of Global Soil Change. Issues in Environmental Science and Technology, Royal Society of Chemistry, Cambridge. 2012. P. 41–68.
5. Adhikari K., Hartemink A. E. Linking soils to ecosystem services – A global review. *Geoderma*. 2016. Vol. 262. P. 101–111.
6. Barrios E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*. 2007. Vol. 64, №2. P. 269–285.
7. Dazzi C., Galati A., Crescimanno M., Lo Papa G. Pedotechnique applications in large-scale farming: Economic value, soil ecosystems services and soil security. *CATENA*. 2019. Vol. 181. P. 104072.
8. Jónsson J. Ö. G., Davíðsdóttir B. Classification and valuation of soil ecosystem services. *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 145. P. 24–38.
9. Wegner G., Pascual U. Cost-benefit analysis in the context of ecosystem services for human well-being: A multidisciplinary critique. *Global Environmental Change*. 2011. Vol. 21, №2. P. 492–504.
10. Rahmati O., Kalantari Z., Ferreira C. S., Chen W. Et al. Contribution of physical and anthropogenic factors to gully erosion initiation. *CATENA*. 2022. Vol. 210. P. 105925.
11. Kooch Y., Ehsani S., Akbarinia M. Stratification of soil organic matter and biota dynamics in natural and anthropogenic ecosystems. *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 200. P. 104621.
12. Yang L., Meng F., Ma C., Hou D., et al. Elucidating the spatial determinants of heavy metals pollution in different agricultural soils using geographically weighted regression. *Science of The Total Environment*. 2022. P. 158628.
13. Novák T. J., Balla D., Kamp J. Changes in anthropogenic influence on soils across Europe 1990–2018. *Applied Geography*. 2020. Vol. 124. P. 102294.
14. Geisen S., Wall D. H., van der Putten W. H. Challenges and Opportunities for Soil Biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*. 2019. Vol. 29, №19. P. R1036–R1044.
15. Чебанова, Ю. В. Огляд досліджень ландшафтів Запорізької області. Біоресурси і природокористування. 2017. Вип. 9, №1-2. С. 45–53.
16. Kubiszewski I., Costanza R., Anderson, S., Sutton, P. The future value of ecosystem services: Global scenarios and national implications *Ecosystem Services*. 2017. Vol. 26. P. 289–301.

17. Bünemann E. K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R. E., et al. Soil quality – A critical review *Soil. Biology and Biochemistry*. 2018. Vol. 120. P. 105–125.
  18. Garcia Távora G. S., Dias Turetta A. P., da Silva A. S., Teixeira Simões B. F. et al. Trade-offs and synergies in agricultural landscapes: A study on soil-related ecosystem services in the Brazilian Atlantic rainforest. *Environmental and Sustainability Indicators*. 2022. P. 100205.
  19. Karlen D. L., Mausbach M. J., Doran J. W., Cline R. G. et al. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal*. 1997. Vol. 61, №1. P. 4–10.
  20. Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework, Edition 3 / Moebius-Clune B. N. et. al. Ithaca, New York : Cornell University, 2017. 134 c.
  21. Andrews S. S., Karlen D. L., Cambardella C. A. The Soil Management Assessment Framework. *Soil Science Society of America Journal*. 2004. Vol. 68, №6. P. 1945–1962.
  22. Thoumazeau A., Bessou C., Renevier M. S., Trap J., et al. Biofunctool®: a new framework to assess the impact of land management on soil quality. Part a: concept and validation of the set of indicators. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 97. P. 100–110.
  23. Ziter C., Turner M. G. Current and historical land use influence soil-based ecosystem services in an urban landscape. *Ecological Applications*, 2018. Vol. 28. P. 643–654.
  24. Calzolari C., Tarocco P., Tarocco P., Tarocco P. et al. Assessing soil ecosystem services in urban and peri-urban areas: From urban soils survey to providing support tool for urban planning. *Land Use Policy*. 2020. Vol. 99. P. 105037.
  25. Bennett E. M., Peterson G. D., Gordon L. J. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*. 2009. Vol. 12, №12. P. 1394–1404.
  26. Blanco-Canqui H., Wortmann C. S. Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till? A review. *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 198. P. 104534.
  27. Silva B. d. O., Moitinho M. R., Santos G. A. D. A., Teixeira D. d. B. et al. Soil CO<sub>2</sub> emission and short-term soil pore class distribution after tillage operations. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 186. P. 224–232.
  28. de Oliveira I. N., de Souza Z. M., Lovera L. H., Vieira Farhate, C. V. et al. Least limiting water range as influenced by tillage and cover crop / *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 225. P. 105777.
  29. Jónsson J. Ö. G., Davíðsdóttir B., Nikolaidis N. P. Valuation of Soil Ecosystem Services. *Advances in Agronomy*. 2017. P. 353–384.
  30. Land degradation / F. O. Nachtergaele, M. Petri, R. Biancalani; editors R. Lal, B. A. Stewart. World soil Resources and food security advances in soil sciences, Taylor and Francis, CRC Press, 2011. P. 574.
  31. Głina B., Malkiewicz M., Mendyk Ł., Bogacz A., et al. Human-affected disturbances in vegetation cover and peatland development in the late Holocene recorded in shallow mountain peatlands (Central Sudetes, SW Poland). *Boreas*. 2016. Vol. 46, №2. P. 294–307.
  32. Sewerniak P., Jankowski M., Dąbrowski M. Effect of topography and deforestation on regular variation of soils on inland dunes in the Toruń Basin (N Poland). *CATENA*. 2017. Vol. 149. P. 318–330.
  33. Szilassi P., Jordan G., Kovacs F., van Rompaey A., et al. Investigating the link between soil quality and agricultural land use change. A case study in the Lake Balaton catchment, Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. Vol. 5, №2. P. 61–70.
  34. Mendyk Ł., Charzyński P. Soil sealing degree as factor influencing urban soil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Soil Science Annual*. 2016. Vol. 67, №1. P. 17–23.
-

35. Dazzi C., Lo Papa G. Anthropogenic soils: general aspects and features. *Ecosystems*. 2015. Vol. 1, №1. P. 3–8.
36. Hamilton C. The Anthropocene as rupture. *The Anthropocene Review*. 2016. Vol. 3, №2. P. 93–106.
37. de Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Costanza R., et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*. 2012. Vol. 1, №1. P. 50–61.
38. Schwilch G., Bernet L., Fleskens L., Giannakis E., et al. Operationalizing ecosystem services for the mitigation of soil threats: A proposed framework. *Ecological Indicators*. 2016. Vol. 67. P. 586–597.
39. Sagoff M. On the Economic Value of Ecosystem Services. *Environmental Values*. 2008. Vol. 17, №2. P. 239–257.

УДК 631.879.34

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.51>

## ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИСТКИ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОЦЕНОЗІВ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

**Цьова Ю.А.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,

Полтавський державний аграрний університет

Все більш широкого напрямку набуває використання пробіотичних та бактеріальних препаратів для інтенсифікації процесів очистки ґрунту. Особливо дане питання актуалізується в умовах воєнних дій на Україні. Для визначення можливих шляхів ремедіації ґрунту, забрудненого важкими металами та нафтопродуктами використано метод проростків. Для експрес-тестів фітотоксичності використано *Triticum aestivum*. Всі досліді проведені в чотирикратній повторності.

Встановлено, що у результаті використання пробіотичних препаратів на найбільш забрудненому ґрунті (Zn+Pb+НП) покращення біометричних показників у порівнянні з неочищеним ґрунтом склало: на 61% по пророслому насінню; на 50–55% по довжині коренів та довжині коренів; на 28–30% по масі наземної частини та кореневої системи.

Таким чином, у результаті проведеної біологічної очистки ґрунту пробіотичними препаратами *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1:100) із різними забрудненнями (важкими металами та нафтопродуктами) фітотоксичність усіх зразків склала менше 20% за біометричними показниками *Triticum aestivum*, тобто фітотоксичність відсутня. Окрім того, у результаті очистки контрольного зразка та зразка, забрудненого нафтопродуктами спостерігається значне покращення біометричних показників *Triticum aestivum*.

Одержані результати свідчать, що на найбільш забрудненому ґрунті спостерігалось покращення біометричних показників, яке склало 86–92% від чистого контролю. Тобто, якщо погіршення даних показників на забрудненому ґрунті склало 33–43% у порівнянні з чистим контролем, то на очищеному ґрунті дані показники погіршилися тільки на 7–10%.

На основі проведеної економічної та екологічної ефективності внаслідок оптимізації екологічно (збиток за забруднення довкілля) та економічного (чистий дохід) критеріїв встановлено, що запропоновані методи відновлення техногенно забруднених земель за допомогою пробіотичних препаратів внаслідок воєнних дій на Україні є як економічно, так і екологічно ефективними заходами.