

Оцінка ризиків втрати екосистемної послуги з регулювання ерозії міськими зеленими зонами

Наталія Корогода 

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

Реферат

У роботі наводяться положення методики і результати оцінки обсягів надання екосистемної послуги (ЕП) з регулювання ерозії та ризиків її втрати. Кількісна оцінка ризиків проводилась виходячи з того, що зелена зона виконує наразі або виконуватиме в майбутньому свою послугу у менших обсягах. Відповідно, оцінка складалась з: а) визначення втрати ЕП сьогодні та б) розрахунку ймовірності настання втрати в майбутньому. Для оцінки було визначено фактори, які впливають на обсяги надання ЕП та обґрунтовано набір відповідних розрахункових параметрів оцінки. Їх було включено у якості атрибутів до бази даних зелених зон м. Києва. Оцінка обсягів ЕП відбувалась на основі порівняння темпів ерозії, обумовлених природними та антропогенними факторами, зі швидкістю ґрунтоутворення. Оцінка ймовірностей настання ризиків розраховувалась на основі функції бажаності Харрінгтона, адаптованої до оцінювання екосистемних послуг. Вихідними матеріалами в роботі стали векторні набори геоданих: «Ґрунти», «Рослинність», цифрова модель рельєфу. Набори були створені на основі відомостей про ландшафти міста, даних дистанційного зондування, польових та лабораторних досліджень. Оцінка проводилась для 50 міських зелених зон Києва. В результаті аналізу геоданих було визначено, що більшість з досліджених об'єктів є такими, які надають свій максимум ЕП та, відповідно, мають дуже низькі ризики її втрати на сьогодні. Проте 30% досліджених територій мають помірні ризики втрати ЕП в майбутньому. Таке оцінювання може стати ефективним інструментом у прийнятті природоохоронних рішень. Адже, по-перше, дозволяє виокремити території, що потребують найактивніших дій щодо покращення можливостей надання ними ЕП на сьогодні. По-друге, представлена методика дозволяє визначати чинники, які створюють небезпеку для ЕП, а отже - й ризики їх втрати в майбутньому. Отже така оцінка, на відміну від інших, направлена на вирішення питання забезпечення сталого функціонування зелених зон міста. По-третє, дана методика є застосовною до будь-якої території та є необхідною складовою в процесі визначення загального обсягу ЕП, що їх надають міські зелені зони. Адже «окремі» методики з розрахунку кожної ЕП, при переведенні показників в унормовані величини, дозволяють уникнути труднощів в загальній оцінці ЕП, що виникають через багатоманітність та неспівставність одиниць вимірювання.

Ключові слова

Зелені зони міста, екосистемні послуги, ризики, ерозія

Надійшла до редакції: 8 листопада 2022 / Прийнята: 12 грудня 2022 / Опублікована онлайн: 30 грудня 2022

The risks assessment of loss of erosion control ecosystem services in urban green areas

Nataliia Korohoda

Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska St, Kyiv, 01601, Ukraine

Abstract

The paper presents the methodology and results of assessment the amount of erosion control ecosystem service (ES) and the risks of it loss. Quantitative risk assessment was carried out on the basis of the fact that the green zone is currently performing or will provide its service in the future in smaller volumes. Accordingly, the assessment consisted of: a) determining the loss of ES today and b) calculating the probability of loss in the future. For the assessment, the factors that affect the volume of ES have been determined and a set of relevant estimation parameters has been substantiated. They were included as attributes to the database of Kyiv green areas. The assessment of ES volumes was based on the comparison of erosion rates caused by natural and anthropogenic factors with the rate of soil formation. Estimation of risk probabilities was calculated based on Harrington desirability function adapted to the ecosystem services assessment. The source materials in the work were vector geodata sets: “Soils”, “Vegetation”, a digital elevation model. The sets were created based on information about city landscapes, remote sensing data, field and laboratory research. The assessment was carried out for 50 urban Kyiv green spaces. As a result of geodata analysis, it was determined that most of the studied objects provide their maximum ES and, accordingly, have very low risks of loss it today. However, 30% studied areas have medium risks of ES loss in the future. The assessment can be an effective tool in environmental decision-making. Firstly, it allows to identify the areas that need the most active actions to improve the possibilities of providing ES today. Secondly, the presented methodology allows to determine the factors that are cause a danger to ES, and therefore the risks of it loss in the future. Thus, this assessment, unlike others, is aimed at solving the issue of ensuring the sustainable functioning of green areas. Thirdly, this methodology is applicable to any territory and is a necessary component in the process of determining the total amount of ES provided by urban green zones. After all, the “separate” methods of each ES calculating when converting indicators into normalized values make it possible to avoid difficulties in the general assessment of ES, which arise due to the diversity and incomparability of measurement units.

Keywords

Urban green spaces, ecosystem services, risks, erosion

Received: 8 November 2022 / Accepted: 12 December 2022 / Published online: 30 December 2022

1. Вступ

Екосистемні послуги (ЕП) міських зелених зон є дієвим механізмом підтримання сталого розвитку міста, як через вирішення екологічних проблем, так і через забезпечення добробуту його населення. Обсяги ЕП напряму залежать від стану зелених зон (National Ecosystem Services..., 2015). Деградаційні ж зміни стану призводять до порушень режиму функціонування зелених зон, а отже і до зростання ризиків втрати ЕП. Адже саме такі зміни визначають ймовірність настання події та певну міру її наслідків, що власне і є ризиком. Визначення ефективності у наданні ЕП та проведення оцінки ризиків їх втрати може стати одним з підходів до забезпечення сталого функціонування зелених зон міста, передусім при виборі першочергових природоохоронних рішень (Culhane et al., 2019, Müller and Burkhard, 2007; Quintessence 2016).

Це зокрема стосується і ЕП з регулювання процесів ерозії (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Важливість оцінювання ризиків втрати цієї послуги, обумовлена тим, що розвиток ерозійних процесів, окрім погіршення умов зростання в самих зелених зонах, є ще й додатковим джерелом забруднення атмосфери та поверхневих водних об'єктів в місті.

Серед проведених на сьогодні досліджень по визначенню ризиків втрати ЕП шляхом оцінки стану екосистем, можна назвати, наприклад, (Mace et al., 2015). Проте в даній роботі автори не пов'язували зміну надання послуг з конкретними видами діяльності, що спричинює ці зміни (Tzilivakis et al., 2015). Загалом слід зазначити, що наразі при оцінці ризику в основному зосереджуються на одному або невеликій кількості видів тиску, що зумовлюють ризик. В той час як визначати ризики доцільніше за комплексом природних та антропогенних чинників деградації.

Крім того, незважаючи на потужне використання інструментів ГІС для картування та оцінки ЕП в містах, наприклад, «Urban InVEST»: Проектування стійких міст (Natural Capital Project, 2022), практика по оцінці ризиків втрати ЕП за допомогою ГІС наразі ще не набула широкого розповсюдження.

Ще однією причиною, яка визначила мету нашого дослідження є недостатнє представлення прикладних робіт, які б стосувалися території міста Києва. На сьогодні це переважно роботи, присвячені визначенню ЕП для окремих територій (Tsyhanok, 2021). Зважаючи на невирішені раніше питання, метою роботи є проведення оцінки ризиків втрати ЕП з регулювання ерозії в зелених зонах Києва за комплексом природних та антропогенних чинників деградації із використанням ГІС-інструментарію. Відповідно до мети, у роботі слід визначити комплекс показників (параметрів) для розрахунку ризиків втрати ЕП; кількісно оцінити ризики того, що досліджувані зелені зони надають послуги з регулювання ерозії не в повному обсязі сьогодні та/або надаватимуть їх у менших обсягах в майбутньому.

2. Матеріали і методи

Вихідними матеріалами в проведенні досліджень стали векторні набори геоданих, щодо обраних для роботи 50 зелених зон Києва (рис. 1).

Набори геоданих зокрема містили інформацію про:

- межі зелених зон, які було визначено на основі карти ESA WorldCover 2020, яка надає глобальну картину земного покриття на 2020 рік з роздільною здатністю 10 м за даними Sentinel-1 і Sentinel-2 (Zanaga et al., 2021); Copernicus Global Land Service Land Cover, колекція 3, епоха 2019, яка надає щорічний динамічний глобальний продукт Land Cover із просторовою роздільною здатністю

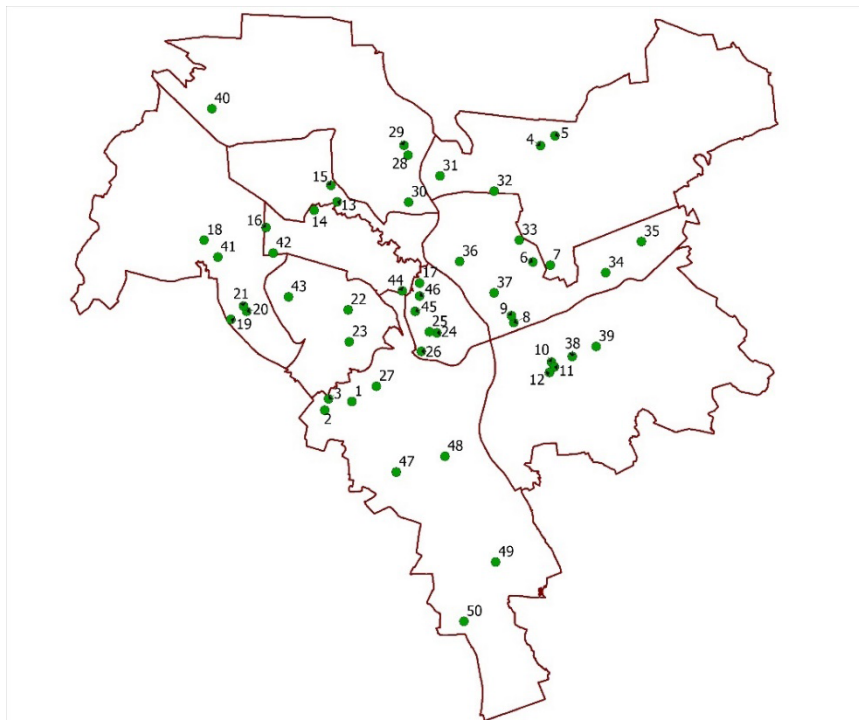


Рис. 1. Схема розташування досліджуваних зелених зон міста Києва

100 м (Buchhorn et al., 2020) та бази OpenStreetMap (OpenStreetMap, 2022).

- *Ґрунти*. Набір даних було створено на основі атрибутивної інформації з ландшафтної карти, що відображає природну основу міста (Davudchuk et al., 2021; Galitsky et al., 1983) а також польових та лабораторних досліджень ґрунтів зелених зон міста;

- *Рослинність*. Набір даних було створено на основі (Davudchuk et al., 2021; Galitsky et al., 1983, Buchhorn et al., 2020; OpenStreetMap, 2022; Zanaga et al., 2021) а також польових досліджень;

- *Цифрова модель рельєфу м. Києва*.

Задля досягнення мети було вирішено два завдання.

1. Визначено фактори, які зумовлюють протікання ерозійних і дефляційних процесів, та впливають на обсяги надання ЕП. Було виокремлено природні та антропогенні фактори. До природних ми віднесли кліматичні умови території (характер та інтенсивність опадів, швидкість вітру); фізико-механічні та хімічні властивості ґрунту (гранулометричний склад, структурно-агрегатний склад, вміст гумусу, зволоженість); рельєфозалежні фактори (ухил, довжина схилу) та фактори рослинного покриву (Naukovi ta rrykladni osnovy ..., 2010). До антропогенних факторів було віднесено прояви людської діяльності, що призводять до зміни швидкості протікання ерозійних процесів (збільшення ухилу схилу, зміна агрегатного стану ґрунту, зведення рослинного покриву). Наприклад, однією найбільших небезпек порушення природних ґрунтових характеристик у зелених зонах є витогування. На таких ділянках відбувається ущільнення верхнього шару ґрунту. Через це, зокрема, обмежується вертикальний рух води і газів, порушується структурно-агрегатний склад та втрачається шорсткість, що підвищує небезпеку проявів ерозійних та дефляційних процесів. Водночас, висівання газонних трав, представлене у міських зелених зонах, таку небезпеку істотно знижує, а дефляційні процеси зводить майже до 0. Відповідно, наявність таких видів антропогенної діяльності та частка площі зеленої зони, де вони фіксувалися, були включені нами у розрахунки, як фактори, що посилюють або послаблюють природні передумови ерозійних та дефляційних процесів.

Зважаючи на вищевказані фактори, було обґрунтовано набір параметрів, за якими в процесі геоінформаційного моделювання було оцінено швидкість ерозії ґрунтів (Halahan et al., 2020; Korohoda & Halahan, 2020; Methodendokumentation "Bodenkunde", 2000). Це дозволило визначити обсяги надання ЕП з регулювання ерозії.

2. Кількісно оцінювати ризики необхідно було виходячи з того, що певна зелена зона виконує наразі або виконуватиме в майбутньому свою послугу у менших обсягах. Відповідно, виконання другого завдання - оцінка ризику включала дві складові: а) оцінка можливих втрат (недоотримання) ЕП сьогодні та б) оцінка ймовірності його настання в майбутньому.

а) Втрата обсягів послуг нами була кількісно визначена у відповідності до загальної втрати ґрунту з ерозійними процесами. Оцінка відбувалась на основі

порівняння темпів ерозійних процесів та процесів відтворення ґрунту, як обернене до обсягу наданих ЕП (таблиця 1), відповідно до загальноєвропейських методик (Kirkby et al., 2004).

Таблиця 1. Визначення ризиків втрати обсягів (недоотримання) ЕП з регулювання водної ерозії

Винесення ґрунту за рахунок ерозійних процесів (т/га/рік)	Темпи ерозії	Обсяг ЕП регулювання ерозії	Ризики втрати обсягів ЕП регулювання ерозії
0-0.5	відбувається значно повільніше, ніж процес ґрунтоутворення	максимальний	вельми низькі
0.5-1	відбувається повільніше, ніж процес ґрунтоутворення	вище середнього	низькі
1-5	відбувається з тією ж швидкістю, або трохи швидше, ніж процес ґрунтоутворення	середній	помірні
5-10	відбувається швидше, ніж процес ґрунтоутворення	нижче середнього	високі
>10	відбувається значно швидше, ніж процес ґрунтоутворення	мінімальний	вельми високі

У прояві дефляційних процесів визначальними є кліматичні та ґрунтові фактори. Але, оскільки для території міста значних відмінностей у кліматичних характеристиках не прослідковується, провідну роль у небезпеці, пов'язаній з дефляційними процесами, відіграє саме розмір ґрунтових часток. «Найнебезпечнішими» можна назвати ґрунти важкого механічного складу, оскільки з максимально насиченого вітропіщаного потоку випадіння матеріалу в осад у глинистих ґрунтах відбувається на найбільшій відстані, у той час як у супіщаних ця відстань скорочується у вісім разів (Naukovi ta rrykladni osnovy ..., 2010). Тож, використавши цю залежність можна визначити обумовлений механічним складом обсяг послуги та ризик, пов'язаний з проявом дефляційних процесів (таблиця 2). Послуга вбачається у недопущенні запилення приземного шару повітря в процесі дефляції, або його прояві на мінімальній відстані.

б) Оцінки ймовірностей настання ризиків у майбутньому розраховувалася на основі функції бажаності Харрінгтона (Harrington, 1965), адаптованої до оцінювання екосистемних послуг (Grodzynskiy, 2014), що для вирішення такої задачі було зроблено вперше. Такий вибір, пов'язано з тим, що функція бажаності Харрінгтона є одним з найбільш вдалих способів оцінки якості об'єкта за множиною параметрів, тож її можна застосувати до будь-якої ЕП, за обраним набором параметрів. В основу побудови функції Харрінгтона покладено перетворення (нормування) всіх розмірних

Таблиця 2. Визначення ризиків втрати обсягів (недоотримання) ЕП з регулювання дефляції

Механічний склад ґрунту	Обсяг ЕП регулювання дефляції	Ризики втрати обсягів ЕП регулювання ерозії	Бал
супіщаний	максимальний	вельми низькі	1
легкосуглинистий	вище середнього	низькі	2
середньосуглинистий	середній	помірні	3
важкосуглинистий	нижче середнього	високі	4
глинистий	мінімальний	вельми високі	5

показників - параметрів досліджуваного об'єкта (в даному випадку, ерозійних та дефляційних процесів) в безрозмірні показники за шкалою бажаності Харрінгтона (q). В межах даної шкали значення показників лежать в діапазоні від нуля до одиниці ($0 \leq q \leq 1$). Відповідно до шкали Харрінгтона, діапазон функції ділиться на п'ять піддіапазонів. Кожен піддіапазон має своє якісне позначення за п'ятибальною шкалою.

При оцінюванні ризику ми зважали на те, що кожен з параметрів (ґрунтового, рельєфозалежні та ін.) є рівнозначними за впливом на формування швидкості ерозії. Значення кожного з цих параметрів (Methodendokumentation "Bodenkunde", 2000, Halahan,

2016) ми унормували за шкалою бажаності, а загальний ризик визначили як усереднене значення ризиків за кожним з факторів (таблиця 3).

3. Результати

В результаті робочого процесу аналізу даних, в межах обраних зелених зон, за методикою (Halahan, 2016):

1. на основі цифрової моделі рельєфу, для однорідних за ухилом ділянок було визначено рельєфозалежні коефіцієнти L та S ;

2. через проведення оверлейних операцій з шаром «Ґрунти», було визначено ґрунтові коефіцієнти ерозійних процесів Ks та Kc ;

3. через проведення оверлейних операцій з шаром «Рослинність» було визначено C - фактор ерозії;

4. в межах кожної ділянки визначено швидкість винесення ґрунту з ділянки за рахунок ерозійних процесів (E_{fv}).

5. Для кожної зеленої зони було обраховано E_{fv} , як середньозважене за площами однорідних ділянок.

6. Обсяг ЕП з регулювання ерозії та ризик недоотримання цієї послуги, було визначено за таблицею 1, що відображено в атрибутивній таблиці БД зелених зон міста (атрибутивне поле «Risk_loss_ES») (рис. 2). Результати моделювання для обраних 50 зелених зон міста Києва наведено в таблиці 4.

7. За функцією бажаності Харрінгтона визначено ймовірність настання втрати ЕП з регулювання ерозії в майбутньому (рис. 2 - атрибутивне поле «Risk_probability»). Результати моделювання наведено в таблиці 5.

Таблиця 3. Визначення ризику за множиною параметрів, відповідно до шкали бажаності Харрінгтона

Діапазони за шкалою бажаності	Параметри розрахунку ерозійних втрат					Ризики	Бал
	скелетності ґрунтів (Ks)	потенційної ерозії (Kb)	довжини схилу (L)	градієнту нахилу схилу (S)	рослинного покриття (C)		
[0,0-0,2)	[0,1-0,19)	[0,048-0,105)	[0,5-0,86)	[0,2-1,36)	[0,01-0,16)	вельми низькі	1
[0,2-0,37)	[0,19-0,39)	[0,105-0,194)	[0,86-1,59)	[1,36-2,52)	[0,16-0,29)	низькі	2
[0,37-0,63)	[0,39-0,64)	[0,194-0,33)	[1,59-2,71)	[2,52-4,29)	[0,29-0,49)	помірні	3
[0,63-0,8)	[0,64-0,87)	[0,33-0,419)	[2,71-3,44)	[4,29-5,44)	[0,49-0,62)	високі	4
[0,8 -1]	[0,87-1]	[0,419-0,524]	[3,44-4,3]	[5,44-6,8]	[0,62-0,78]	вельми високі	5

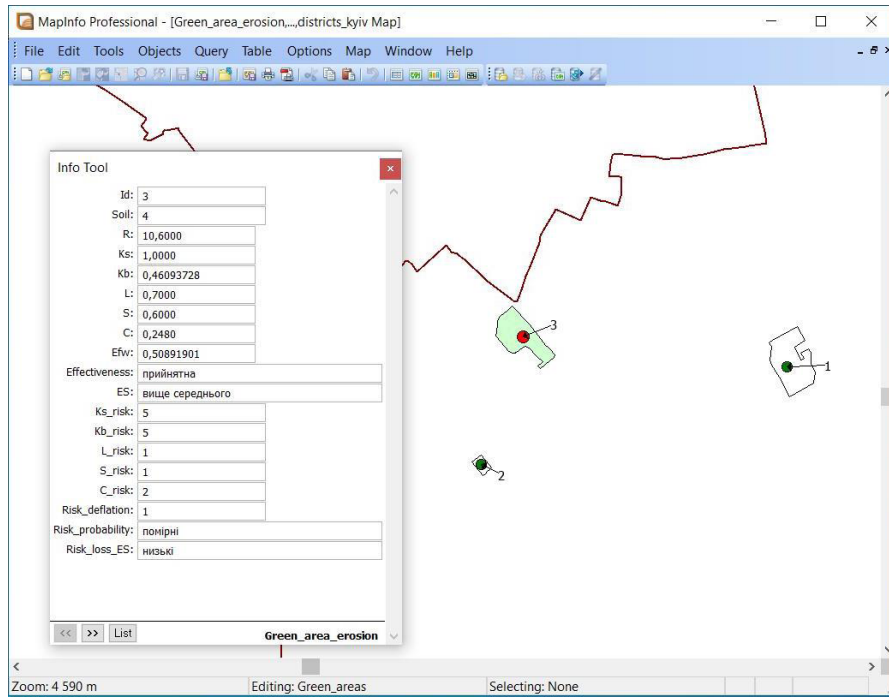


Рис. 2. Атрибутивна інформація щодо обсягів надання та ризиків втрати ЕП з регулювання ерозії

Таблиця 4. Результати визначення ризику як недоотримання послуги регулювання ерозії

Id	Втрати ґрунту (Efw)	Обсяг ЕП	Ризики	Id	Втрати ґрунту (Efw)	Обсяг ЕП	Ризики
1	0,011726244	максимальний	вельми низькі	26	0,851561703	вище середнього	низькі
2	0,457323533	максимальний	вельми низькі	27	1,400376515	середній	помірні
3	0,50891901	вище середнього	низькі	28	0,014533581	максимальний	вельми низькі
4	0,009858	максимальний	вельми низькі	29	1,066978888	середній	помірні
5	1,774365375	середній	помірні	30	0,067034733	максимальний	вельми низькі
6	0,019651883	максимальний	вельми низькі	31	0,004435913	максимальний	вельми низькі
7	0,002146794	максимальний	вельми низькі	32	0,129380809	максимальний	вельми низькі
8	0,127734255	максимальний	вельми низькі	33	0,004605615	максимальний	вельми низькі
9	0,002146794	максимальний	вельми низькі	34	0,001073397	максимальний	вельми низькі
10	0,100845702	максимальний	вельми низькі	35	0,00159	максимальний	вельми низькі
11	2,033721662	середній	помірні	36	0,000844976	максимальний	вельми низькі
12	1,806449399	середній	помірні	37	0,034885406	максимальний	вельми низькі
13	2,03957568	середній	помірні	38	0,01333056	максимальний	вельми низькі
14	2,71943424	середній	помірні	39	0,002146794	максимальний	вельми низькі
15	1,605802068	середній	помірні	40	0,002151231	максимальний	вельми низькі
16	0,012726346	максимальний	вельми низькі	41	1,216516718	середній	помірні
17	0,011726244	максимальний	вельми низькі	42	0,055680335	максимальний	вельми низькі
18	0,012071871	максимальний	вельми низькі	43	0,002139254	максимальний	вельми низькі
19	0,034778066	максимальний	вельми низькі	44	0,005582896	максимальний	вельми низькі
20	0,035214623	максимальний	вельми низькі	45	0,364955015	максимальний	вельми низькі
21	0,064403826	максимальний	вельми низькі	46	0,133816839	максимальний	вельми низькі
22	0,011726244	максимальний	вельми низькі	47	0,002002128	максимальний	вельми низькі
23	0,14088337	максимальний	вельми низькі	48	0,002131251	максимальний	вельми низькі
24	0,015456918	максимальний	вельми низькі	49	0,001689951	максимальний	вельми низькі
25	0,069227915	максимальний	вельми низькі	50	0,030055119	максимальний	вельми низькі

Таблиця 5. Результати визначення ризику як ймовірності недоотримання послуги регулювання ерозії в майбутньому

Id	Ризик							Id	Ризик						
	Ks	Kb	L	S	C	D	загальні		Ks	Kb	L	S	C	D	загальні
1	5	5	1	1	1	1	низькі	26	5	1	5	5	1	1	помірні
2	5	5	1	1	5	1	помірні	27	5	3	2	3	2	1	помірні
3	5	5	1	1	2	1	помірні	28	5	1	1	1	2	1	низькі
4	5	4	1	1	1	1	низькі	29	5	1	2	4	2	1	помірні
5	5	2	2	2	3	1	помірні	30	5	1	1	5	1	1	низькі
6	5	1	1	1	2	1	низькі	31	5	2	1	1	1	1	низькі
7	5	1	1	1	1	1	низькі	32	5	2	2	3	1	1	низькі
8	5	1	1	1	3	1	низькі	33	5	2	1	1	1	1	низькі
9	5	1	1	1	1	1	низькі	34	5	1	1	1	1	1	низькі
10	5	5	1	1	2	1	помірні	35	5	2	1	1	1	1	низькі
11	5	5	2	2	2	1	помірні	36	5	1	1	1	1	1	низькі
12	5	1	2	5	3	1	помірні	37	5	1	1	1	1	1	низькі
13	5	3	3	5	1	1	помірні	38	5	5	1	1	1	1	низькі
14	5	3	3	5	5	1	помірні	39	5	1	1	1	1	1	низькі
15	5	1	4	5	1	1	помірні	40	5	1	1	1	1	1	низькі
16	5	5	1	1	1	1	низькі	41	5	1	1	5	3	1	помірні
17	5	5	1	1	1	1	низькі	42	5	1	1	5	1	1	низькі
18	5	1	1	1	2	1	низькі	43	5	1	1	1	1	1	низькі
19	5	1	1	1	3	1	низькі	44	5	3	1	1	1	1	низькі
20	5	1	1	1	3	1	низькі	45	5	1	4	5	1	1	помірні
21	5	1	1	1	3	1	низькі	46	5	1	2	5	1	1	помірні
22	5	5	1	1	1	1	низькі	47	5	1	1	1	1	1	низькі
23	5	1	2	3	1	1	низькі	48	5	1	1	1	1	1	низькі
24	5	1	1	1	1	1	низькі	49	5	1	1	1	1	1	низькі
25	5	3	1	1	2	1	низькі	50	5	1	1	1	2	1	низькі

4. Обговорення

При аналізі даних, було визначено, що провідними факторами, які обумовили відмінності в показниках швидкості протікання ерозійних процесів у зелених зонах Києва є рельєфозалежні фактори L, S, фактор рослинності C та властивості ґрунту, що визначають потенційні показники протікання ерозії - Kb (Methodendokumentation “Bodenkunde”, 2000).

З обраних 50 зелених зон у 14% швидкість ерозії складає більше 1 тони/га/рік, що дозволяє говорити про середній обсяг ЕП захисту ґрунтів від ерозійних втрат та помірні ризики, як прояв недоотримання даної послуги. У той же час, на ділянках, де повністю або частково зведено трав'яний покрив, ми фіксували найвищі показники Efw. Так, зелені зони № 12 (навколо озера Позняки (пр. Миколи Бажана)); №13 (ландшафтний заказник «Зелене озеро»); № 14 (східна частина парку «Сирецький Гай» (вул. Сирецька - Тираспольська)), що мають найвищі показники Efw, крім значного впливу рельєфозалежного фактору, мають ще й високі коефіцієнти впливу рослинного покриву C, що пояснюється значним

відсотком відкритого ґрунту у межах зеленої зони (наприклад, №12). На 2 досліджених територіях (4%) значення Efw складають 0.5-1 тони/га/рік, відповідно обсяг ЕП – вище середнього, а ризики – низькі. Це зелені зони №3 (навколо ставків № 2, 3 р. Нивка (вул. Самійла Кішки)) та №26 (навколо оз.Глинка (вул. Менделєєва)). На інших - швидкість ерозійних процесів незначна, головню через рівнинний тип рельєфу, переважання піщаних та супіщаних ґрунтів, що мають найнижчі коефіцієнти Kb, а також повсюдне використання газонної трави для облаштування територій парків, скверів тощо. З огляду на таке – у більшості з досліджених зелених зон м. Києва – ЕП з регулювання ерозії надається в максимальних обсягах, а ризик її втрати на сьогодні – вельми низький (табл.4).

Фактор деградації рослинного покриву став провідним у зростанні загального показника швидкості ерозійних процесів на більшості досліджених територій. Наприклад, у межах зеленої зони №2 (вул. Лятошинського, 8-12), витоптування доріжок на 20% площі обумовило зростання проявів ерозійних процесів та зниження показника обсягів надання ЕП.

Переважають в зелених зонах Києва піщаних та супіщаних ґрунтів та висівання газонної трави, значно уповільнює процес дефляції, всі досліджені зони мають вельми низькі ризики втрати ґрунту в результаті дефляційних процесів.


Ризики втрати ЕП з регулювання ерозії в майбутньому визначено як низькі (70 % досліджених територій) та помірні (30 %) (табл.5). Цьому сприяють головно ґрунтові фактори.

5. Висновки

Відповідно до загальної мети, в роботі було оцінено ризики втрати ЕП з регулювання ерозії на прикладі 50 обраних зелених зон міста Києва за комплексом природних та антропогенних факторів деградації. Провідними природними факторами втрати протиерозійних послуг в обраних об'єктах є рельєфозалежні, ґрунтові та фактор рослинності. Серед антропогенних факторів, що посилюють прояви ерозії провідне місце посідає зведення трав'яного покриву на частині території.

Враховуючи дію комплексу факторів, на основі ГИС-моделювання, в роботі було кількісно оцінено ризики втрати ЕП за розрахунком загальної втрати ґрунту з ерозійними процесами. Зокрема було визначено, що більшість з досліджених об'єктів є такими, які надають свій максимум даної ЕП та, відповідно, мають дуже низькі ризики її втрати (недоотримання) на сьогодні. Проте 30% територій мають помірні ризики втрати ЕП в майбутньому, головно через ґрунтові особливості. Таке оцінювання може стати ефективним інструментом у прийнятті природоохоронних рішень. Адже, по-перше, дозволяє виокремити території, що потребують найактивніших дій щодо покращення можливостей надання ними ЕП на сьогодні. По-друге, представлена методика дозволяє визначати не лише обсяги ЕП, а й чинники, які обумовлюють ризики її втрати в майбутньому. Відповідно, така оцінка, на відміну від інших, направлена на вирішення питання забезпечення сталого функціонування зелених зон міста. По-третє, така методика є застосовною до будь-якої території та є необхідною складовою в процесі оцінки загального обсягу ЕП, що їх надають міські зелені зони. Адже «окремі» методики з розрахунку кожної ЕП, при переведенні показників в унормовані величини, дозволяють уникнути труднощів в загальній оцінці ЕП, що виникають через багатоманітність та неспівставність одиниць вимірювання.

ORCID iD

Nataliia Korohoda  <https://orcid.org/0000-0003-1518-2997>

Список посилань

- Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., Lesiv, M., Tsendbazar, N-E., Herold, M., & Fritz S. (2020). *Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m*: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
- Culhane, F., Teixeira, H., Nogueira, A., Borgwardt, F., Trauner, D., Lillebø, A., Piet, G.J., Kuemmerlen, M., McDonald, H., O'Higgins, T., Barbosa, A.L., Tjalling van der Wal, J., Alejandro Iglesias-Campos, A., Arevalo-Torres, J., Barbière, J., Robinson, L. A. (2019) Risk to the supply of ecosystem services across aquatic ecosystems, *Science of The Total Environment*, 660, 611–621. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.346
- Davydchuk, V.S., Zarudna, R.F., Mikheli, S.V., Istomina, G.P., Sorokina, L.Yu. (2021) *Zbirka heohrafichnykh kart z opysom «Kyiv's'ka oblast'. Landshaftna karta» (u tsyfrovomu formati, bazovi masshtaby 1:100 000, 1:200 000, 1:400 000)» («Landshaftna karta Kyiv's'koyi oblasti»)* [Collection of geographic maps with the description “Kyiv region. Landscape map” (in digital format, base scales 1:100 000, 1:200 000, 1:400 000) (“Landscape map of Kyiv region”)]. Certificate of copyright registration for the work No. 104563. State Enterprise “Ukrainian Intellectual Property Institute “. Date of registration: 14.05.2021. Copyright and related rights. Official Bulletin. 65, 50–51. URL: <https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright>
- Galitsky, V. I., Davydchuk, V. S., Shevchenko, L. N. et al. (1983). *Landshafty prigorodnoy zony Kiya i ikh ratsional'noye ispol'zovaniye* [Landscapes of the suburban zone of Kiev and their rational use]. Kiev: Nauk. dumka. (in Russian)
- Grodzinskyi, M. (2014) *Landshaftna ekolohiya* [Landscape ecology]: textbook K.: Znannya, 550, 2. (in Ukrainian)
- Halahan, O. (2016) *Heoinformatsiynе modelyuvannya zabrudnennya pryavtomahistral'nykh heosystem spolukamy vazhkykh metaliv*. [The GIS modeling of near-motorways geosystems pollution with the heavy metals compounds]. Thesis for a candidate of science degree in Geograph, Taras Shevchenko National University of Kyiv http://scc.univ.kiev.ua/upload/iblock/7bc/dis_Galagan.pdf (in Ukrainian)
- Halahan, O., Korohoda, N., Grodzinsky, M., Obodovsky, O. (2020) *Heoinformatsiynе modelyuvannya protsesiv zabrudnennya gruntiv pryavtomahistral'nykh heosystem spolukamy svyntsyu/ [Geoinformation modeling of soil pollution processes by lead compounds in highway geosystems]. Visnyk V.N. Karazin Kharkiv Nat. Univ. Ser. Geol. Geogr. Ecol. 2020, 52, 103–118. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-08> (in Ukrainian)*
- Harrington, E.C., (1965) The desirable function. *Industrial Quality Control*, 21 (10), 124–131
- Tsyhanok, Ye., (2021). *Landshaftno-ekolohichna orhanizatsiya pryrodookhoronnykh terytoriy urbanizovanykh zon (na prykladi mista Kyieva)* [Landscape and ecological organization of natural protected areas of urbanized zones (City of Kyiv case study)]. Thesis for a Doctor of Philosophy Degree in Specialty 106 «Geography», Taras Shevchenko National University of Kyiv. (in Ukrainian)
- Kirkby, M.J., Jones, R.J.A., Irvine, B., Gobin, A., Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A.J.J., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D., Montanarella, L., Grimm, M., Vieillefont, V., Puigdefabregas, J., Boer, M., Kosmas, C., Yassoglou, N., Tsara, M., Mantel, S., Van Lynden, G.J. and Huting, J. (2004). Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map, Version 1 October 2003. Explanation of Special Publication Ispra 2004 No.73 (S.P.I.04.73). *European Soil Bureau Research Report No.16*, EUR 21176, 18pp. and 1 map in ISO B1 format. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- Korohoda, N., Halahan, O. (2020). Geoinformation Modeling of Determination a Soil Pollution by Lead Compounds in Highway Agroecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*, 76(3), 71-83. <https://doi.org/10.5755/j01.arem.76.3.25152>
- Mace, G.M., Hails, R.S., Cryle, P., Harlow, J., Clarke S.J. (2015) REVIEW: towards a risk register for natural capital. *Journal of Applied Ecology*, 641-653. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12431>
- Methodendokumentation "Bodenkunde": Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. *Geologisches Jahrbuch. Sonderhefte: Reihe G - Heft SG 1- Ad-hoc-AGBoden*.(2000). Volker Hennings. Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Staatlichen Geologischen Diensten in der Bundesrepublik Deutschland. - Verlag Schweizerbart, Stuttgart, 296 p.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Müller, F., Burkhard, B. (2007). An ecosystem based framework to link landscape structures, functions and services. In: Mander, Ü., Wiggering, H., Helming, K. (eds) *Multifunctional Land Use*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-36763-5_3
- National Ecosystem Services Classification System (NESCS): Framework Design and Policy Application* (2015). EPA-800-R-15-002. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC., 154 p.
- Natural Capital Project*. (2022). Stanford University. <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
- Naukovi ta prykladni osnovy zakhystu gruntiv vid eroziyi v Ukraini* [Scientific and applied foundations of soil erosion protection in Ukraine]. Monograph (2010) Edited by S.A. Balyuka, L.L. Tovazhnianskyi. - Kharkiv: NTU "KhPI", 460 p.
- OpenStreetMap* contributors, www.openstreetmap.org, 2022
- Quintessence, C.(2016) Networking Our Way to Better Ecosystem Service Provision, *Trends in Ecology & Evolution*, 31 (2), 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.12.003>.
- Tzilivakis, J., Warner, D.J., Green, A. et al. (2015) Adapting to climate change: assessing the vulnerability of ecosystem services in Europe in the context of rural development. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 20, 547–572. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9507-6>
- Zanaga, D., Van De Kerchove, R., De Keersmaecker, W., Souverijns, N., Brockmann, C., Quast, R., Wevers, J., Grosu, A., Paccini, A., Vergnaud, S., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Georgieva, I., Lesiv, M., Carter, S., Herold, M., Li, Linlin, Tsendbazar, N.E., Ramoino, F., Arino, O. (2021) *ESA WorldCover 10 m 2020 v100*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>