



В. М. Скробала, О. С. Дулиба

Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

ЕДАФІЧНІ ЧИННИКИ ПРОЯВУ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ У ПАРКОВИХ І ЛІСОПАРКОВИХ НАСАДЖЕННЯХ ЛЬВОВА

Проаналізовано загальні особливості впливу едафічних чинників на ерозійні процеси у паркових і лісопаркових насадженнях Львова. З'ясовано, що за кордоном для оцінювання та математико-картографічного моделювання потенційних втрат ґрунту внаслідок водної ерозії найчастіше використовують Перегнане Універсальне Рівняння Ґрунтової Ерозії RUSLE (англ. *Revised Universal Soil Loss Equation*). Відзначено, що для розрахунку коефіцієнта ерозійної піддатливості ґрунтів (*K*-фактор), як одного з параметрів універсального рівняння втрат ґрунту, розроблено багато математичних залежностей, які як параметр використовують текстуру ґрунту (гранулометричний склад), вміст органічної речовини, структуру ґрунту, водопроникність. Досліджено, що у ґрунтах паркових і лісопаркових насаджень Львова існує великий діапазон значень вмісту фракції піску (20,1-89,3 %), пилу (7,2-62,3 %) і низький вміст глини (1,3-20,7 %). З'ясовано, що ґрунти насаджень Львова належать до шести класів текстури ґрунту: пісок (sand), супісок (loamy sand), пилуватий супісок (silty sand), опіщаний суглинок (sandy loam), суглинок (loam), пилуватий суглинок (silt loam). Проаналізовано три математичні вирази для визначення ерозійної піддатливості ґрунтів – номограму Вішмаєра і Сміта, моделі WEP і EPIC. Встановлено, що найбільші відхилення від середніх значень, особливо на межах діапазону, характерні моделі WEP, в якій для обчислень *K*-фактора використовують середню геометричну величину ґрунтових зерен. Відзначено високу ефективність номограми Вішмаєра і Сміта та моделі EPIC, які рекомендовано використовувати для оцінювання ерозійної піддатливості ґрунту паркових і лісопаркових насаджень Львова. Встановлено, що середнє значення фактора ерозійної піддатливості ґрунтів паркових і лісопаркових насаджень Львова становить $0,032 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\text{-мм}^{-1}\text{-га}^{-1}$, середнє квадратичне відхилення – $0,011 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\text{-мм}^{-1}\text{-га}^{-1}$, а діапазон значень – $0,008\text{-}0,046 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\text{-мм}^{-1}\text{-га}^{-1}$. З'ясовано, що ґрунти із низькою схильністю до водної ерозії належать до текстурних класів пісок (sand) і супісок (loamy sand); із середньою схильністю до водної ерозії – до текстурних класів легкий суглинок (sandy loam), суглинок (loam), пилуватий супісок (silty sand); із високою схильністю до водної ерозії – до текстурного класу пилуватий суглинок (silt loam).

Ключові слова: удосконалене універсальне рівняння втрати ґрунту; *K*-фактор; ерозійна піддатливість ґрунту; гранулометричний склад ґрунту; текстура ґрунту.

Вступ / Introduction

Ерозія ґрунту є серйозною проблемою в усьому світі через її вплив на продуктивність ґрунту, втрату поживних речовин, замулення водойм та погіршення якості води [4, 15]. Ерозію ґрунтів справедливо вважають одним із основних чинників деградації земель, який негативно впливає на сільськогосподарські і лісові угіддя та пасовища [6]. Унаслідок зменшення потужності гумусового горизонту, де зосереджена найбільша кількість поживних речовин, знижується продуктивність сільськогосподарських угідь [2]. Зменшення біорізноманіття, порушення стабільності екосистеми унаслідок водної ерозії властиве лісовим біогеоценозам та пасовищам, що порушує їх стійкість до посухи [9].

У Європі водна ерозія є найпоширенішою формою деградації ґрунту. За останніми оцінками, близько 105 млн га, що відповідає 16 % загальної площі орних земель Європи, постраждали від водної ерозії [12]. У Національній доповіді про стан родючості ґрунтів України

[2] зазначено, що із усіх галузей господарства України аграрна сфера зазнає найбільших прямих втрат від ерозії. Частка земель в Україні, що пошкоджена водною ерозією, досягає 32 % від загальної площі або 13,3 млн гектарів. З них 4,5 млн га із середньо- і сильнозмитими ґрунтами, зокрема 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт [2].

Інтенсифікація ерозії ґрунту на території Львова стала наслідком стрімкої урбанізації у минулому [21]. Частина приміських лісів із складними умовами рельєфу опинилася всередині житлової забудови та з плином часу була трансформована в парки і лісопарки (Стрийський, Знесіння, Високий Замок, Залізна Вода, Погулянка, культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького, Цитадель та інші) [20]. Ущільнення ґрунту внаслідок інтенсивного рекреаційного навантаження, зміна режиму випадіння опадів через глобальне потепління сприяють збільшенню поверхневого стоку та активізації ґрунторуйнівних процесів [20, 22].

© Copyright 2026 by the author(s)

Скробала Віктор Михайлович, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра ландшафтно́ї архітектури, садово-паркового господарства та урбоєкології. Email: skrobala@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-0606-8079>

Дулиба Остап Степанович, аспірант, кафедра ландшафтно́ї архітектури, садово-паркового господарства та урбоєкології. Email: dulybaostap@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0008-8110-2645>

Цитування за ДСТУ: Скробала В. М., Дулиба О. С. Едафічні чинники прояву водної ерозії ґрунтового покриття у паркових і лісопаркових насадженнях Львова. Науковий вісник НЛТУ України. 2026, т. 36, № 2. С. 66–74.

Citation APA: Skrobala, V. M., & Dulyba, O. S. (2026). Edaphic factors of the manifestation of water erosion of the soil cover in parks and forest parks of Lviv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 36(2), 66–74. <https://doi.org/10.36930/40360207>

Об'єкт дослідження – аналіз ерозійної піддатливості ґрунтів як едафічного чинника прояву ерозійних процесів на території Львова.

Предмет дослідження – методи і засоби визначення ерозійної піддатливості ґрунтів за умов Львова, що дасть змогу використати *K*-фактор в моделі універсального рівняння втрат ґрунту.

Мета роботи – проаналізувати загальні особливості впливу ерозійної піддатливості ґрунтів на ерозійні процеси в паркових і лісопаркових насадженнях Львова, що забезпечить своєчасне впровадження протиерозійних заходів.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- провести гранулометричний аналіз зразків ґрунту, що дасть змогу попередньо визначити рівень їх ерозійної піддатливості;
- конвертувати дані гранулометричного складу ґрунтів за класифікацією Н. А. Качинського у класифікацію гранулометричних елементів ґрунту Департаменту сільського господарства США (USDA), що дасть змогу визначити текстурний клас ґрунту, код структури ґрунту та клас водопроникності – параметри, які використовують у моделі універсального рівняння втрат ґрунту RUSLE;
- виконати підбір показників та обчислити ерозійну піддатливість ґрунтів на підставі їх фізико-хімічних властивостей, що дасть можливість на науковій основі визначити інтенсивність ерозійних процесів у паркових і лісопаркових насадженнях Львова та забезпечити своєчасне впровадження протиерозійних заходів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ерозію ґрунту складно виміряти у великих масштабах, тому математичні моделі ерозії ґрунту часто є вирішальним інструментом оцінювання на регіональному, національному та європейському рівнях. Так, у роботі [17] автори вказали на високу гетерогенність чинників ерозії ґрунту, що в поєднанні з часто недостатньою доступністю даних є перешкодою для застосування складних моделей ерозії ґрунту. Автори зазначають, що модель RUSLE (переглянуте універсальне рівняння втрат ґрунту), яка прогнозує середньорічні втрати ґрунту внаслідок кінетичної енергії дощових крапель та поверхневого стоку зі схилів, досі найчастіше використовують у великих просторових масштабах.

У роботі [27] автори проаналізували математичну модель RUSLE – це добуток шести функцій ризику ерозії ґрунту, одна з яких – ерозійна піддатливість ґрунту, яку також називають *K*-фактором. Зазначено, що *K*-фактор відіграє вирішальну роль в оцінюванні потенціалу ерозії ґрунту, оскільки відображає зв'язок з текстурою ґрунту, вмістом органічної речовини та водопроникністю. Автори встановили, що ґрунти з високим *K*-фактором більш схильні до ерозії внаслідок опадів та стоку, що робить *K*-фактор цінним параметром для оцінювання втрат ґрунту та впровадження ефективних стратегій збереження ґрунту.

У дослідженні [10] акцентовано увагу на тому, що ерозійну піддатливість ґрунту найкраще оцінювати, проводячи прямі вимірювання стану ерозії ґрунту на польових ділянках. Автори наголошують, що польові вимірювання є дорогими та часто нелегко переносяться в часі просторі, тому ними рекомендовано продовжувати досліджувати зв'язок між "класичними" властивостями ґрунту та *K*-фактором. У роботі зазначено, що через високу трудомісткість досліджень, пов'язаних із безпо-

середнім вивченням інтенсивності ерозійних процесів, їх розрахунок на підставі математичних моделей має важливе практичне значення, що забезпечує своєчасне впровадження протиерозійних заходів.

У роботі [4] вказано, що для прогнозування ерозійної піддатливості ґрунту було розроблено низку рівнянь, найвідомішим з яких є номограма ерозійної піддатливості ґрунту. Проаналізовано також простіші рівняння, які базуються переважно на текстурі ґрунту. Автори встановили, що коефіцієнт ерозійної піддатливості ґрунту в інших моделях залежить виключно від відсоткового вмісту частинок ґрунту (пісок, пил, глина), органічного вуглецю ґрунту, або його визначення базується на кореляції із середньозваженою геометричною величиною діаметра ґрунтових частинок.

У роботі [24] автори стверджують, що розуміння просторового розподілу ерозії ґрунтів та її чутливості до цих змін має вирішальне значення для розроблення ефективних стратегій збереження ґрунтів. Відзначено, що геопросторові технології, враховуючи дистанційне зондування та геоінформаційні системи (ГІС), сприяють збору та аналізу просторових даних, а алгоритми машинного навчання можуть обробляти великі набори даних та виявляти складні закономірності та взаємозв'язки, які можуть бути неочевидними, за допомогою традиційних статистичних методів. Інтегруючи ці технології, дослідники можуть створювати детальні карти ризику ерозії ґрунту та визначати фактори, що сприяють ерозійності ґрунту.

Загалом, відсутність наразі кількісних даних про чинники ерозійних процесів на території Львова відповідно до Універсального рівняння втрат ґрунту, актуалізують вивчення цього питання задля розроблення та опрацювання системи протиерозійних заходів.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження ерозійної піддатливості ґрунту за умов Львова (географічні координати 49N50, 24E00) виконували шляхом обчислення емпіричних коефіцієнтів на підставі номограми Вішмаєра і Сміта [16, 27, 28], а також моделей WEP [7, 17, 25] і EPIC [11, 19]. Дослідженнями охоплено 14 парків і скверів (рис. 1). Відбір зразків ґрунту здійснювали на умовно непорушених ділянках з верхнього 15-сантиметрового шару у 2-7-разовій повторності залежно від площі об'єкта. Гранулометричний склад ґрунту визначали методом Н. А. Качинського [8], а його конвертацію в систему USDA (U. S. Department of Agriculture) [23] – на підставі графічної інтерполяції [26]. Код структури та клас водопроникності ґрунтів визначали на основі їх відповідності класам текстури ґрунту [1, 27]. Математичне опрацювання фізико-хімічних властивостей ґрунту виконували за допомогою статистичного пакету Statistica 6.0.

На рис. 1 введено такі умовні позначення. Максимальні висоти, м: 0 – 241-260; 1 – 261-280; 2 – 281-300; 3 – 301-320; 4 – 321-340; 5 – 341-360; 6 – 361-380; 7 – 381-400; 8 – > 400. Трикутниками позначено об'єкти: F-12 – парк Кортумова Гора, H-10 – Левандівський парк, H-19 – парк Високий Замок, H-22 – парк Знесіння, J-15 – сквер на площі Св. Юра, J-16 – парк ім. Івана Франка, K-18 – дендропарк НЛТУ, L-16 – парк культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького, M-12 – сквер Геологів, M-17 – Стрийський парк, N-19 – парк Залізна Вода, N-23 – лісопарк Погулянка, P-9 – Скнилівський парк, R-15 – парк Боднарівка. Ціна поділки – 500 м.

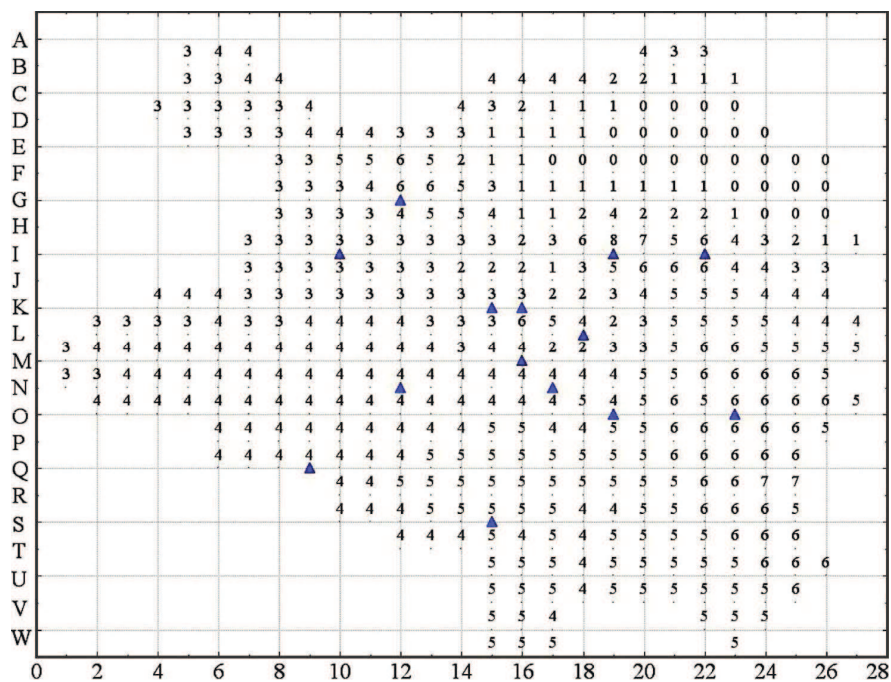


Рис. 1. Умови рельєфу території Львова та місце розташування об'єктів дослідження /

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Удосконалене універсальне рівняння ґрунтової ерозії RUSLE (англ. *Revised Universal Soil Loss Equation*) є математичним виразом, що базується на шести основних чинниках, які визначають інтенсивність ерозійних процесів [16, 27, 28]:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P, \quad (1)$$

де: A – середньорічні втрати ґрунту, т/(га·рік); R – фактор ерозійної здатності опадів, МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹; K – фактор ерозійної піддатливості ґрунтів, т·га·год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹; L – фактор довжини схилу, безрозмірна величина; S – фактор ухилу схилу, безрозмірна величина; C – фактор сівозміни (агротехніки), безрозмірна величина; P – фактор протиерозійних заходів, безрозмірна величина.

Фактор ерозійної піддатливості ґрунтів K чисельно дорівнює відношенню кількості змитого ґрунту з еталонної ділянки до одиниці ерозійного індексу опадів; за еталонну ділянку взято схил крутістю 4,5° і довжиною 22,1 м, який перебуває під паром з обробітком вздовж схилу [27, 28]. Фактор ерозійної піддатливості ґрунтів K вважають одним із ключових параметрів для моделювання ерозії ґрунту [14]. K -фактор відображає схильність ґрунту до ерозії і пов'язаний з чотирма групами властивостей: вміст гумусу, текстура ґрунту (гранулометричний склад), структура ґрунту та клас водопроникності. Для визначення K -фактора використовують таку формулу:

$$K_{\text{нomo}} = [2,1 \cdot 10^{-6} \cdot (12 - a) \cdot M^{1,14} + 3,25 \cdot (b - 2) + 2,5 \cdot (c - 3)] \cdot 0,1317 \cdot 10^{-2}, \quad (2)$$

$$M = (\text{silt} + \text{vfs}) \cdot (100 - \text{clay}), \quad (3)$$

де: a – вміст гумусу, %; M – чинник текстури ґрунту; b – код структури; c – клас водопроникності; silt , vfs , clay – масова частка ґрунтових фракцій пилу, дуже дрібного піску і глини, %; 0,1317 – коефіцієнт для переведення кінцевого значення у міжнародну систему одиниць SI; $K_{\text{нomo}}$ – фактор ерозійної піддатливості ґрунтів, т·га·год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹.

Залежно від типу структури, код структури b набуває таких чотирьох значень [27]: 1 – порохувата; 2 – зерниста; 3 – грубозерниста та горіхувата; 4 – масивна, брилувата, пластинчаста. Класу водопроникності характерні такі параметри [14]: 1 – швидко (швидкість водопроникності > 61,0 мм/год); 2 – від помірного до швидко (20,3-61,0 мм/год); 3 – помірно (5,1-20,3 мм/год); 4 – від повільного до помірного (2,0-5,1 мм/год); 5 – повільно (1,0-2,0 мм/год); 6 – дуже повільно (< 1,0 мм/год).

Для Львова характерна велика різноманітність ґрунтових умов. Це можна пояснити розташуванням міста у смузі Головного європейського вододілу на перетині декількох географічних ландшафтів – Розточчя, Подільського горбогір'я і Львівського плато [21]. На карбонатних лесоподібних суглинках Львівського плато і Подільського горбогір'я сформувалися сірі опідзолені ґрунти, а на безкарбонатних породах під наметом лісу на Розточчі трапляються дерново-підзолисті ґрунти. Вміст фізичної глини у ґрунтах паркових і лісопаркових насаджень Львова змінюється від 6,3 до 35,0 % (табл. 1). Зв'язанопіщані ґрунти із вмістом фізичної глини менше 10 % поширені в парку Високий Замок. Для них характерний високий вміст грубого і середнього піску (фракція 1-0,25 мм) – 34,3-59,3 %. Імовірно, це частково пов'язано із насипними ґрунтами. Високий вміст фракції дрібного піску (фракція 0,25-0,05 мм) характерний для ґрунтів парку Знесіння – 48,0-56,4 %. У південній частині Львова (парки Залізна Вода, Стрийський, Боднарівка, лісопарк Погулянка) ґрунти відзначаються високим вмістом грубого пилу (фракція 0,05-0,01 мм) – 35,4-50,8 %.

У табл. 1 введено такі умовні позначення. Порядковий номер об'єктів: 1-4 – Стрийський парк, 5-8 – парк Залізна Вода, 9-12 – парк Високий Замок, 13-17 – парк Знесіння, 18 – лісопарк Погулянка, 19-20 – парк ім. Івана Франка, 21-22 – парк Боднарівка, 23 – Скнилівський парк, 24 – сквер Геологів, 25 – парк культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького, 26 – дендропарк НЛТУ, 27 – сквер на площі Св. Юра, 28 – Левандівський парк, 29 – парк Кортумова Гора. *Phys. clay* – вміст фізичної глини (<0.01 мм), %; *Clay*, *Silt*, *Sand*, *VFS* – відповідно

вміст глини, піску, дуже дрібного піску за класифікацією USDA, %; M – параметр текстури ґрунту; a – вміст гумусу, %; b – код структури; c – клас водопроникності;

$K_{\text{нomo}}$ – фактор ерозійної піддатливості ґрунту за номограмою, т·га·год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹.

Табл. 1. Гранулометричний склад та результати визначення ерозійної піддатливості ґрунтів на основі номограми / Granulometric composition and results of determining the erodibility of soils based on the nomogram

№*	Phys. clay	Clay	Silt	Sand	VFS	M	a	b	c	$K_{\text{нomo}}$
1	24,5	9,3	53,0	37,8	20,2	6640,18	3,56	2	3	0,053
2	20,8	11,7	56,8	31,6	18,2	6620,07	2,72	2	3	0,058
3	18,7	9,5	47,3	43,2	16,9	5813,97	3,50	2	2	0,043
4	19,0	6,7	56,0	37,3	16,1	6727,46	3,50	2	3	0,054
5	35,0	20,7	59,2	20,1	12,5	5686,41	4,42	2	3	0,040
6	22,5	15,9	50,6	33,6	18,8	5839,90	3,43	2	3	0,047
7	20,1	10,7	60,2	29,1	16,5	6845,16	3,59	2	3	0,055
8	15,5	6,3	44,7	49,1	17,0	5779,69	3,50	1	2	0,038
9	9,6	8,2	15,2	76,7	19,6	3187,20	3,65	1	2	0,015
10	11,3	8,3	12,5	79,2	19,4	2929,82	3,73	1	2	0,013
11	8,3	4,6	13,2	82,2	23,9	3544,11	3,28	1	2	0,019
12	6,3	3,5	7,2	89,3	15,0	2136,37	3,12	1	1	0,004
13	19,9	11,9	33,1	55,0	21,4	4797,05	3,18	1	2	0,031
14	18,4	10,5	53,2	36,3	15,2	6121,27	3,91	2	3	0,046
15	21,0	11,7	36,1	52,2	28,8	5734,50	3,72	2	2	0,041
16	20,3	8,1	33,3	58,6	31,7	5981,10	3,79	1	2	0,038
17	20,9	10,2	32,2	57,6	33,8	5934,29	2,96	1	2	0,043
18	22,1	11,8	59,8	28,4	15,0	6597,36	3,31	2	3	0,054
19	9,6	2,8	20,9	76,3	31,0	5052,14	3,50	1	2	0,032
20	12,1	7,0	22,4	70,6	26,1	4511,61	3,50	1	2	0,027
21	21,8	9,0	62,3	28,7	17,2	7232,06	3,79	2	3	0,057
22	21,6	14,4	44,1	41,5	18,4	5348,01	3,60	2	2	0,038
23	19,1	8,1	44,3	47,6	18,8	5794,30	3,65	2	2	0,042
24	22,5	9,8	61,0	29,3	14,5	6811,17	3,80	2	3	0,053
25	7,9	1,3	18,9	79,8	25,4	4377,35	3,50	1	2	0,026
26	19,3	5,2	23,1	71,8	19,0	3988,44	3,92	1	2	0,021
27	27,8	11,4	50,7	37,9	17,4	6033,66	3,25	2	3	0,049
28	19,7	14,6	23,3	62,1	21,9	3859,07	3,20	1	2	0,022
29	16,8	10,3	39,0	50,7	14,4	4789,98	2,85	2	2	0,036

В Україні традиційно використовують класифікацію гранулометричних елементів ґрунту за Н. А. Качинським [8]. Але для визначення ерозійної піддатливості ґрунту за номограмою Вішмайера і Сміта [28] потрібно застосувати класифікацію Департаменту сільського господарства США (USDA, U. S. Department of Agriculture). Відповідно до класифікації USDA [23] виділяють такі фракції: глина (clay) – < 0,002 мм, пил (silt) – 0,002-0,05 мм, пісок (sand) – 0,1-2 мм. Перехід від класифікації Н. А. Качинського до USDA здійснювали на основі графічної інтерполяції результатів гранулометричного складу [26]. При цьому було враховано, що питома частка дуже дрібного піску (very fine sand) 0,05-0,1 мм у фракції 0,05-0,25 мм становить у легких ґрунтах 50 %, у тяжких на морених суглинках – 80 %, а в тяжких ґрунтах на лесоподібних суглинках – до 95 %.

Загалом вміст піску (sand) фракції 0,1-2 мм у ґрунтах паркових і лісопаркових насаджень Львова змінюється від 20,1 до 89,3 % (табл. 1). Високий вміст піску виявлено у ґрунтах Високого Замку, а низький – парку Залізна Вода і лісопарку Погулянка. Великий діапазон значень характерний також для фракції пилу (silt) 0,002-0,05 мм – 7,2-62,3 %. Низький вміст пилу властивий ґрунтам парку Високий Замок, а високий вміст – ґрунтам парку Боднарівка, Сквер геологів (вул. Єфремова), Стрийського парку, Залізної води і Погулянки. Загалом ґрунтам паркових і лісопаркових насаджень Львова характерний низький вміст глини (clay) – фракції < 0,002 мм – 1,3-20,7 %.

Зразок ґрунту належить до одного з дванадцяти класів текстури ґрунту відповідно до пропорцій фракцій піску, мулу та глини. Вісім підкласів у групах піску та суглинного піску забезпечують уточнення текстури ґрунту в деяких випадках, коли визначення текстури базується тільки на отриманих польових оцінках. Трикутник текстури ґрунту Департаменту сільського господарства США [23] показано на рис. 2.

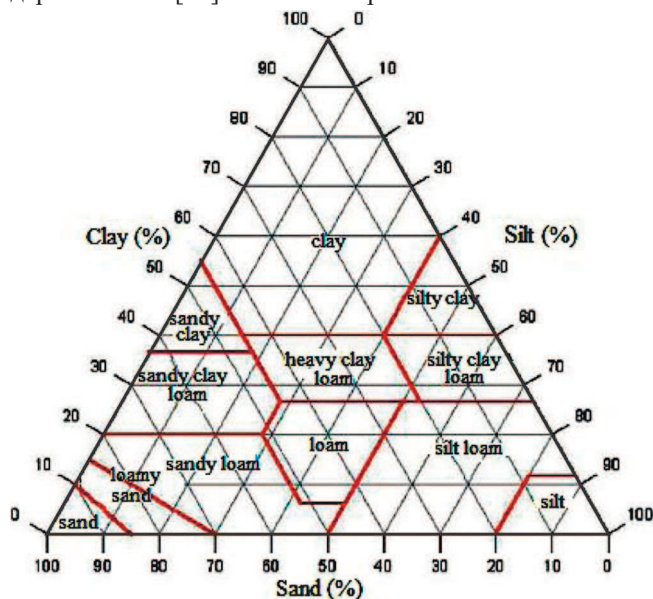


Рис. 2. Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом (трикутник Ферре) / Classification of soils by grain size distribution (Ferret triangle)

На рис. 2 введено такі умовні позначення: clay – вміст глини (фракція < 0,002 мм), %; silt – вміст пилу (фракція 0,002-0,05 мм), %; sand – вміст піску (фракція 0,05-2 мм); класи текстури ґрунту наведено в табл. 2.

Табл. 2. Відповідність коду структури та класу водопроникності класам текстури ґрунту / Assignment of soil permeability and soil structure classes code based on textural class [1, 2]

Клас текстури	Код структури	Клас водопроникності
Пісок (sand)	1	1
Супісок (loamy sand)	1	2
Легкий суглинок (sandy loam)	1	2
Суглинок (loam)	2	2
Пилуватий суглинок (silt loam)	2	3
Суглинок тонкий (silt)	2	5
Опіщаний глинистий суглинок (sandy clay loam)	2	4
Глинистий суглинок (clay loam)	3	4
Глинисто-пилуватий суглинок (silty clay loam)	3	5
Опіщана глина (sandy clay)	2	5
Пилувата глина (silty clay)	4	6
Глина (clay)	4	6

Ґрунти паркових і лісопаркових насаджень Львова належать до шести класів текстури ґрунту (табл. 2):

- пісок (sand) – парк Високий Замок (об'єкт № 12);
- супісок (loamy sand) – парки Високий Замок, ім. Івана Франка, парк культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького (об'єкти № 9-11, 19, 25);
- пилуватий супісок (silty sand) – парк Залізна Вода, Знесіння, ім. Ів. Франка, Скви́лівський парк, дендропарк НЛТУ (об'єкти № 8, 16, 20, 23, 26);
- легкий суглинок (sandy loam) – парк Знесіння, Левандівський парк (об'єкти № 13, 17, 28);
- суглинок (loam) – Стрийський парк, Боднарівка, Кортумова гора (об'єкти № 3, 15, 22, 29);
- пилуватий суглинок (silt loam) – Стрийський парк, Горіховий Гай, Залізна Вода, Погулянка, Боднарівка, Сквер Геологів, сквер на площі Св. Юра, (об'єкти № 1, 2, 4-7, 14, 18, 21, 24, 27).

Кожному класу текстури ґрунту відповідає певний код структури та клас водопроникності (див. табл. 2). І вже на основі навіть цієї мінімальної інформації можлива попередня оцінка фактора ерозійної піддатливості ґрунту із врахуванням або без врахування вмісту гу-

мусу [27]. Так, для піску (sand) середнє значення K -фактора становить $0,001 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$, супіску (loamy sand) – $0,005 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$, легкого суглинку (sandy loam) – $0,017 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$, а для пилуватого суглинку (silt loam) – $0,050 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$.

Вміст гумусу – один із параметрів родючості ґрунту, який водночас визначає ступінь його ерозійної піддатливості. На непорушених ділянках паркових і лісопаркових насаджень Львова його вміст характеризується як середній (2,1-3,0 %) або підвищений (3,1-4,0 %) (див. табл. 1). На окремих ділянках вуличних насаджень, скверів та парків його вміст може перевищувати 6-8 %, що можна пояснити внесенням торфокомпосту під час садіння декоративних рослин. На змитих ґрунтах або в глибших горизонтах вміст гумусу низький (1,1-2,0 %) або дуже низький (менше 1,1 %).

Унаслідок обчислень коефіцієнта ерозійної піддатливості ґрунту на основі номограм встановлено, що мінімальні значення K -фактора характерні піщаним і супіщаним ґрунтам парку Високий Замок ($K_{\text{пото}} = 0,004\text{-}0,019 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$). Максимальні значення K -фактора ($K_{\text{пото}} = 0,053\text{-}0,058 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$) властиві ґрунтам у південній частині території Львова (Стрийський парк, парки Боднарівка, Залізна Вода, лісопарк Погулянка) (див. табл. 3).

Другий спосіб визначення фактора ерозійної піддатливості ґрунту K_{Dg} базується на його залежності від геометричних розмірів ґрунтових зерен – модель WEP [7, 17, 25]:

$$K_{Dg} = 0,0034 + 0,0405 \cdot E \exp \left[-0,5 \cdot \left(\frac{\lg Dg + 1,659}{0,701} \right)^2 \right]; \quad (4)$$

$$Dg = E \exp \left[0,01 \cdot \sum_{i=1}^m f_i \cdot \ln \left(\frac{d_i^{\max} + d_i^{\min}}{2} \right) \right], \quad (5)$$

де: Dg – середня геометрична величина ґрунтових зерен, мм; $d_i^{\max}$, $d_i^{\min}$ – максимальний і мінімальний діаметри ґрунтових зерен заданого класу, мм; f_i – масова частка ґрунтових частинок заданого класу (пісок (sand) – 0,05-2,0 мм, пил (silt) – 0,002-0,05 мм, глина (clay) – 0-0,002 мм), %.

Табл. 3. Результати обчислень фактора ерозійної піддатливості ґрунтів на підставі моделей WEP і EPIC / Results of calculations of the soil erodibility factor based on the WEP and EPIC models

№ п/п	Dg	K_{Dg}	$orgC$	f_{csand}	f_{clsi}	f_{orgC}	f_{hisand}	K_{EPIC}	K_{mean}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,077	0,034	2,07	0,390	0,953	0,761	1,000	0,037	0,041
2	0,057	0,038	1,58	0,411	0,946	0,799	1,000	0,041	0,046
3	0,093	0,031	2,03	0,368	0,947	0,762	1,000	0,035	0,036
4	0,082	0,033	2,03	0,397	0,967	0,762	1,000	0,039	0,042
5	0,028	0,043	2,57	0,443	0,914	0,752	1,000	0,040	0,041
6	0,053	0,038	1,99	0,396	0,921	0,764	1,000	0,037	0,041
7	0,053	0,038	2,09	0,423	0,952	0,760	1,000	0,040	0,044
8	0,129	0,026	2,03	0,350	0,961	0,762	0,999	0,034	0,033
9	0,334	0,014	2,12	0,257	0,879	0,759	0,848	0,019	0,016
10	0,364	0,013	2,17	0,251	0,858	0,758	0,786	0,017	0,014
11	0,459	0,011	1,91	0,248	0,914	0,768	0,701	0,016	0,015
12	0,616	0,008	1,81	0,236	0,886	0,774	0,513	0,011	0,008
13	0,133	0,025	1,85	0,317	0,912	0,772	0,997	0,029	0,029
14	0,070	0,035	2,27	0,394	0,948	0,755	1,000	0,037	0,039
15	0,121	0,027	2,16	0,328	0,919	0,758	0,999	0,030	0,033
16	0,172	0,022	2,20	0,310	0,937	0,757	0,995	0,029	0,030
17	0,155	0,023	1,72	0,310	0,921	0,783	0,996	0,029	0,032
18	0,050	0,039	1,92	0,424	0,947	0,767	1,000	0,041	0,045

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	0,392	0,012	2,03	0,264	0,964	0,762	0,857	0,022	0,022
20	0,277	0,016	2,03	0,274	0,921	0,762	0,944	0,024	0,022
21	0,056	0,038	2,20	0,427	0,960	0,757	1,000	0,041	0,045
22	0,075	0,034	2,09	0,366	0,919	0,760	1,000	0,034	0,035
23	0,115	0,028	2,12	0,352	0,951	0,759	0,999	0,033	0,034
24	0,056	0,038	2,21	0,424	0,956	0,757	1,000	0,040	0,044
25	0,468	0,010	2,03	0,257	0,980	0,762	0,770	0,019	0,019
26	0,308	0,014	2,28	0,273	0,941	0,755	0,931	0,024	0,020
27	0,072	0,034	1,89	0,386	0,941	0,769	1,000	0,037	0,040
28	0,158	0,023	1,86	0,289	0,864	0,771	0,989	0,025	0,023
29	0,120	0,027	1,66	0,336	0,932	0,790	0,999	0,033	0,032

У табл. 3 введено такі умовні позначення: Dg – середня геометрична величина ґрунтових зерен, мм; K_{Dg} – фактор ерозійної піддатливості ґрунту на підставі моделі WEP, т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹; $orgC$ – вміст органічного вуглецю, %; f_{csand} , f_{cl_si} , f_{orgC} , f_{hisand} – субфактори; K_{EPIC} – фактор ерозійної піддатливості ґрунту на підставі моделі EPIC, т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹; K_{mean} – середнє значення фактора ерозійної піддатливості ґрунту, т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹.

Найбільші значення середньої геометричної величини ґрунтових зерен ($Dg = 0,334-0,616$ мм) характерні для піщаних (sand) і супіщаних (loamy sand) ґрунтів парків Високий Замок, ім. Івана Франка, культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького (табл. 3). Мінімальні значення Dg , які лежать в межах 0,028-0,057 мм, властиві пилуватим суглинкам (silt loam) паркових і лісопаркових насаджень південної частини території Львова (Залізна Вода, Погулянка, Стрийський парк). Значення K -фактора, отримані на підставі номограм та середньої геометричної величини ґрунтових зерен Dg , зіставні між собою (коефіцієнт кореляції $r = 0,87$). Але для окремих об'єктів (наприклад, Стрийський парк) різниця їх значень сягає 0,02 т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹.

Третій спосіб визначення фактора ерозійної піддатливості ґрунту полягав у використанні моделі EPIC (Environmental Policy Integrated Climate) [9, 19]:

$$K_{EPIC} = f_{csand} \cdot f_{cl_si} \cdot f_{orgC} \cdot f_{hisand}; \quad (6)$$

$$f_{csand} = 0,2 + 0,3 \cdot \exp\left[-0,0256 \cdot sand - \frac{1-silt}{100}\right]; \quad (7)$$

$$f_{cl_si} = \left[\frac{silt}{clay + silt}\right]^{0,3}; \quad (8)$$

$$f_{orgC} = 1,0 - \frac{0,25 \cdot orgC}{orgC + \exp(3,72 - 2,95 \cdot orgC)}; \quad (9)$$

$$f_{hisand} = 1,0 - 0,7 \cdot \frac{snl}{snl + \exp(-5,51 + 22,9 \cdot snl)}; \quad (10)$$

$$snl = \frac{1-sand}{100}, \quad (11)$$

де: K_{EPIC} – фактор ерозійної піддатливості ґрунтів, т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹; f_{csand} – субфактор, який знижує показник K_{EPIC} у ґрунтах з високим вмістом крупного піску та підвищує для ґрунтів з невеликим вмістом піску; f_{cl_si} – субфактор, який дає низькі коефіцієнти еродованості ґрунту для ґрунтів з високим співвідношенням глини до пилу; f_{orgC} – субфактор, який знижує значення K_{EPIC} у ґрунтах з високим вмістом органічного вуглецю; f_{hisand} – субфактор, який знижує значення K_{EPIC} для ґрунтів з надзвичайно високим вмістом піску; $clay$ – частка вмісту глини (фракції < 0,002 мм), %; $silt$ – частка вмісту пилу (фракції 0,002-0,05 мм); $sand$ – частка вмісту піску (фракція 0,05-2,00 мм), %; $orgC$ –

частка вмісту органічного вуглецю, %; snl – безрозмірний коефіцієнт, значення якого залежить від частки вмісту піску.

Фактор ерозійної піддатливості ґрунту паркових і лісопаркових насаджень Львова на підставі моделі EPIC характерний меншим діапазоном значень – від 0,011 до 0,041 т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹ (див. табл. 3). Для порівняння, діапазон значень K -фактора на основі номограми $K_{nomo} = 0,004...0,058$ т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹, а на основі середньої геометричної величини ґрунтових зерен – $K_{Dg} = 0,008...0,044$ т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹. Загалом, як і в попередніх випадках, мінімальні значення K_{EPIC} властиві ґрунтам парку Високий Замок, а максимальні – пилуватим суглинкам (silt loam) паркових і лісопаркових насаджень південної частини території Львова (Стрийський парк, Боднарівка, Залізна Вода, Погулянка, Горіховий Гай). Максимальна різниця значень K_{nomo} і K_{EPIC} 0,016-0,017 т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹ характерна для паркових і лісопаркових насаджень південної частини Львова, а коефіцієнт кореляції для цих показників становить $r = 0,95$.

Ефективність використання різних моделей для визначення фактора ерозійної піддатливості ґрунту встановлювали на основі кореляційного аналізу (рис. 3). Найбільшими відхиленнями від середніх значень, особливо на межах діапазону, характерний K -фактор на підставі моделі WEP: K_{nomo} : $K_{mean} - r = 0,972$; K_{Dg} : $K_{mean} - r = 0,962$; K_{EPIC} : $K_{mean} - r = 0,992$. Найменше значення коефіцієнта кореляції (K_{nomo} : K_{Dg} : $-r = 0,873$) властиве факторам ерозійної піддатливості ґрунту, обчисленим на підставі номограм та моделі WEP. Отже, для оцінювання ерозійної піддатливості ґрунту на території Львова ми рекомендуємо використовувати номограму Вішмаєра і Сміта [28] і модель EPIC [19]. Номограма, яка використовує емпіричні взаємозв'язки між текстурою ґрунту, органічною речовиною, структурою ґрунту та водопроникністю, найефективніша переважно в локальних дослідженнях із відомими даними ґрунтових досліджень. Тоді як модель EPIC, яка ґрунтується на математичному рівнянні з текстурою ґрунту та вмістом органічного вуглецю, більшою мірою придатна для регіональних застосувань завдяки інтеграції з цифровими базами даних ґрунту та автоматизованими системами [19].

Середнє значення фактора ерозійної піддатливості ґрунтів паркових і лісопаркових насаджень Львова становить 0,032 т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹, середнє квадратичне відхилення – 0,011 т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹, а діапазон значень – 0,008-0,046 т-га-год·МДж⁻¹·мм⁻¹·га⁻¹. На підставі градації значень фактора ерозійної піддатливості [26] виділено такі групи ґрунтів паркових і лісопаркових насаджень Львова:

Група 1. Ґрунти із слабкою схильністю до водної ерозії – K -фактор = $0,007-0,026 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$. До цієї групи належать парки Високий Замок, ім. Івана Франка, культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького, дендрарій НЛТУ України (об'єкти № 9-12, 19, 20, 25-28).

Група 2. Ґрунти із помірною схильністю до водної ерозії – K -фактор = $0,026-0,040 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$. До цієї групи входять парки Знесіння, Скнилівський, сквер на площі Св. Юра (об'єкти № 3, 8, 13-17, 22, 23, 27, 29).

Група 3. Ґрунти із високою схильністю до водної ерозії – K -фактор = $0,040-0,053 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$. До цієї групи належать парки Стрийський, Залізна Во-

да, Горіховий Гай, Сквер Геологів, Боднарівка, лісопарк Погулянка (об'єкти № 1, 2, 4-7, 18, 21, 24).

Отже, ґрунти із низькою схильністю до водної ерозії належать до текстурних класів пісок (sand) і супісок (loamy sand); із середньою схильністю до водної ерозії – до текстурних класів легкий суглинок (sandy loam), суглинок (loam), пилуватий супісок (silty sand); із високою схильністю до водної ерозії – до текстурного класу пилуватий суглинок (silt loam).

На рис. 1 введено такі позначення: $K_{\text{номо}}$, K_{Dg} , K_{EPIC} , K_{mean} – відповідно фактори ерозійної піддатливості ґрунту, обчислені на підставі номограми, моделей WEP і EPIC, та їх середні арифметичні величини.

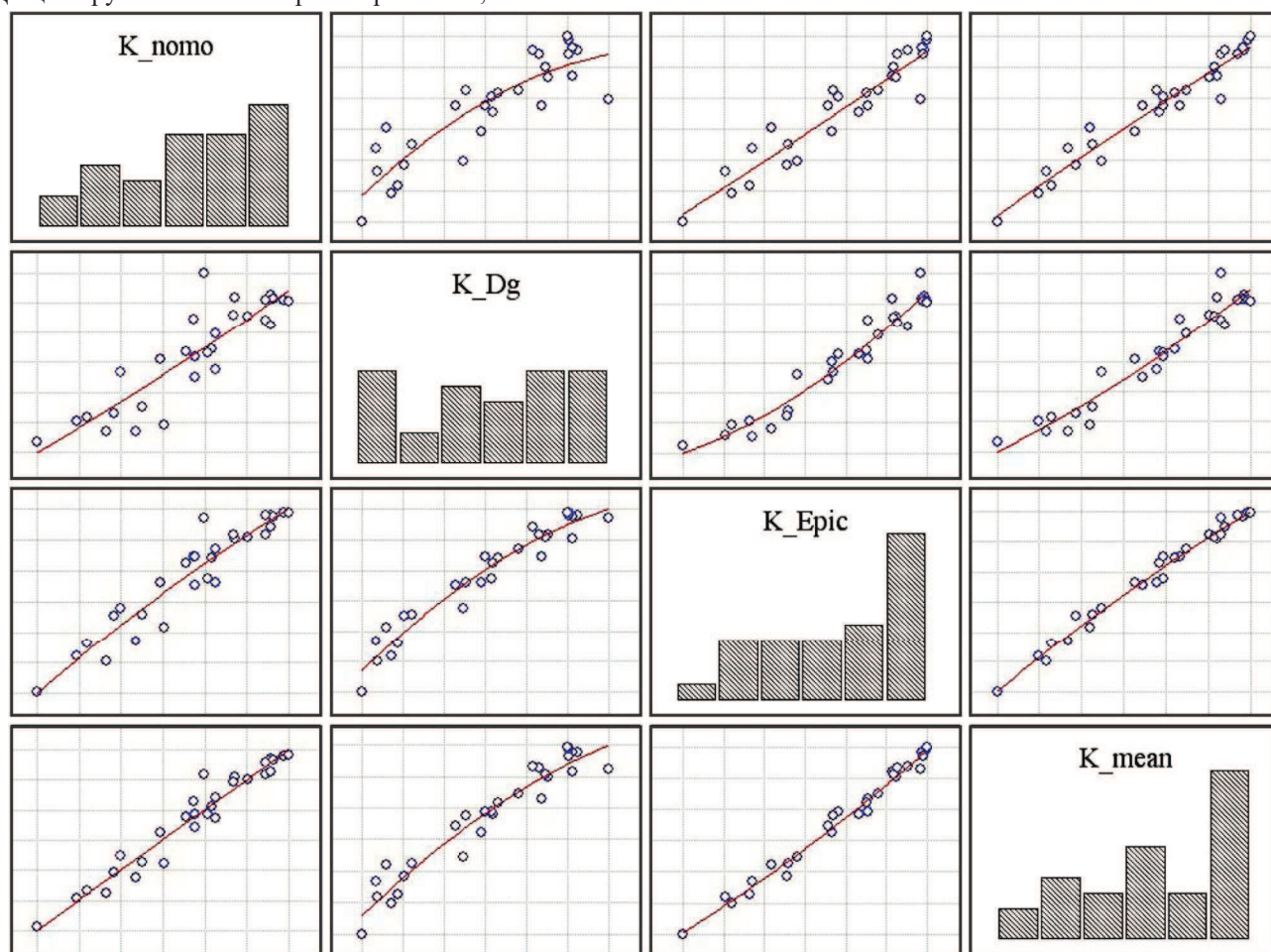


Рис. 3. Залежність між показниками ерозійної піддатливості ґрунту / The relationship between indicators of soil susceptibility to erosion

Загалом, номограма Вішмаєра-Сміта та модель EPIC продемонстрували високу узгодженість результатів, визначені на їх підставі фактори ерозійної піддатливості ґрунту будуть використані в подальших дослідженнях інтенсивності ерозійних процесів у паркових і лісопаркових насадженнях Львова.

Обговорення результатів дослідження. Проблему негативних наслідків водної ерозії ґрунтів неможливо вирішити без її адекватної моделі, методики розрахунку і прогнозу інтенсивності ерозійних втрат [27]. У цьому аспекті надзвичайно цінною є наукова робота [4], в якій проведено всебічний аналіз чинників ерозії на підставі математичних рівнянь. Завдяки цьому дана робота може слугувати довідником для інших дослідників, які працюють з (R)USLE та подібними підходами.

Модель RUSLE широко визнана за свою емпіричну стійкість та адаптивність до різноманітних умов навколишнього середовища [3, 4, 13]. Вона також стала най-

поширенішою завдяки своїй простоті та сумісності з технологіями географічної інформаційної системи (ГІС) та дистанційного зондування (ДЗЗ) [13]. У поєднанні з даними ГІС та ДЗЗ, такими як індекси рослинності, отримані зі супутників, цифрові моделі рельєфу (ЦМР) та карти землекористування/земельного покриття, RUSLE стає потужним просторово розподіленим інструментом для кількісного оцінювання потенційних втрат ґрунту на складних рельєфах.

У роботі [14] наведено результати дослідження ерозійної піддатливості ґрунтів для 25 країн-членів Європейського Союзу. Середнє значення K -фактора дорівнює $0,032 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$, стандартне відхилення – $0,009 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$, а діапазон значень – $0,004-0,076 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$. Середнє значення ерозійної піддатливості ґрунтів у Польщі становить $0,0299 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$, у Словаччині – $0,0362 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$, в Угорщині – $0,0349 \text{ т-га-год-МДж}^{-1}\cdot\text{мм}^{-1}\cdot\text{га}^{-1}$.

У дослідженні [18] ерозію ґрунту проаналізовано за допомогою моделі RUSLE, враховуючи варіації у землекористуванні та опадах упродовж двох різних періодів: контрольного та майбутнього. Історичні дані про опади було отримано з наборів даних метеорологічних станцій, а майбутні опади було отримано з моделей кліматичного прогнозування. Зменшення ерозії ґрунту у майбутньому прогнозується через зниження ерозійності опадів. Результати показують, що райони, схильні до ерозії, потребують заходів зі збереження, щоб зменшити втрати ґрунту. Впровадження сталих сільськогосподарських практик має вирішальне значення для підтримки довготермінового здоров'я ґрунту та запобігання його деградації.

Розуміння просторової мінливості ерозійної піддатливості ґрунтів у різних типах землекористування Туреччини показано у роботі [1]. Лісові ґрунти продемонстрували найнижчі середні значення K -фактора, що відображає їхню вищу стійкість до ерозії завдяки кращій структурі ґрунту та вмісту органічної речовини.

У роботі [5] зазначено, що швидкі зміни землекористування та земного покриву ще більше загострили водну ерозію ґрунтів, і це робить її критичною проблемою для вчених-екологів та політиків. Розуміння просторового розподілу ерозії ґрунтів та її чутливості до цих змін має вирішальне значення для розроблення ефективних стратегій збереження ґрунтів [29].

Загалом, проведені дослідження та аналіз літературних джерел свідчать про вагомий роль едафічних чинників в оцінюванні інтенсивності ерозії ґрунту.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – отримала подальший розвиток методика аналізу впливу едафічних чинників на ерозійні процеси в паркових і лісопаркових насадженнях Львова, яка, на відміну від наявних методик, дає можливість виконати обґрунтовану кількісну оцінку цього явища та забезпечує своєчасне впровадження протиерозійних заходів.

Практична значущість результатів дослідження – отримані результати кількісного оцінювання ерозійної піддатливості ґрунтів можна використати для визначення потенційної інтенсивності ерозійних процесів за умов паркових і лісопаркових насаджень Львова, що дасть змогу впровадити систему протиерозійних фітомеліоративних та інженерних заходів.

Висновки / Conclusions

Проаналізовано загальні особливості впливу едафічних чинників на ерозійні процеси у паркових і лісопаркових насадженнях Львова, що забезпечить своєчасне впровадження протиерозійних заходів. За результатами досліджень можна зробити такі основні висновки.

1. З'ясовано, що за кордоном для оцінювання та математико-картографічного моделювання потенційних втрат ґрунту внаслідок водної ерозії найчастіше використовують удосконалене універсальне рівняння ґрунтової ерозії RUSLE (англ. *Revised Universal Soil Loss Equation*).
2. Відзначено, що для розрахунку коефіцієнта ерозійної піддатливості ґрунтів (K -фактор) – одного з параметрів універсального рівняння втрат ґрунту – розроблено багато формул, які як аргумент використовують гранулометричний склад, текстуру ґрунту, вміст органічної речовини, структуру ґрунту, водопроникність.
3. Досліджено, що у ґрунтах паркових і лісопаркових насаджень Львова існує великий діапазон значень вмісту фракції піску (20,1-89,3 %), пилу (7,2-62,3 %) і низький вміст глини (1,3-20,7 %). З'ясовано, що ґрунти насаджень Львова належать до шести класів текстури ґрунту: пісок (sand), супісок (loamy sand), пилуватий супісок (silty sand), легкий суглинок (sandy loam), суглинок (loam), пилуватий суглинок (silt loam).
3. Проаналізовано три математичні вирази для визначення ерозійної піддатливості ґрунтів – номограму Вішмаєра і Сміта, моделі WEP і EPIC. Встановлено, що найбільшими відхиленнями від середніх значень, особливо на межах діапазону, характерна модель WEP, в якій для обчислень K -фактора використовують середню геометричну величину ґрунтових зерен. Відзначено високу ефективність номограми Вішмаєра і Сміта та моделі EPIC, які рекомендовано використовувати для оцінювання ерозійної піддатливості ґрунту паркових і лісопаркових насаджень Львова.
4. Встановлено, що середнє значення фактора ерозійної піддатливості ґрунтів паркових і лісопаркових насаджень Львова становить 0,032 т-га-год-МДж-1-мм-1-га-1, середнє квадратичне відхилення – 0,011 т-га-год-МДж-1-мм-1-га-1, а діапазон значень – 0,008-0,046 т-га-год-МДж-1-мм-1-га-1.
5. З'ясовано, що ґрунти із низькою схильністю до водної ерозії належать до текстурних класів пісок (sand) і супісок (loamy sand); із середньою схильністю до водної ерозії – до текстурних класів легкий суглинок (sandy loam), суглинок (loam), пилуватий супісок (silty sand); із високою схильністю до водної ерозії – до текстурного класу пилуватий суглинок (silt loam).

References

1. Abiye, W., & Dengiz, O. (2025). Digital mapping of soil erodibility factor in response to land use change using machine learning models. *Environmental Systems Research*, vol. 14, article number 14. <https://doi.org/10.1186/s40068-025-00402-w>
2. Balyuk, S. A., Medvedev, V. V., Tararik, O. G., et al. (2010). *National report on the state of soil fertility in Ukraine*. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy, 111 p. URL: <https://t1p.de/eyaka>
3. Bayramin, İ., Başaran, M., Erpul, G., & Çanga, M. R. (2007). Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semiarid Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140(1-3), 249–265. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9864-2>
4. Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D., & Norton, K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 6059–6086. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6059-2018>
5. Berberoglu, S., Cilek, A., Kirkby, M., et al. (2020). Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(7), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08429-5>
6. Costea, A., Bilasco, S., Irimescu, I.-A., et al. (2022). Evaluation of the Risk Induced by Soil Erosion on Land Use. Case Study: Guruslău Depression. *Sustainability*, 14, article ID 652. <https://doi.org/10.3390/su14020652>
7. Droogers, P., Hunink, J., & Sieber, J. (2021). *WEP: WEAP Erosion Plugin. Methodological Approach and Tutorial*. FutureWater Report 223. Wageningen (Netherlands). 15 p. URL: https://www.futurewater.nl/wp-content/uploads/2021/05/FW_223_WEAP_Erosion_Plugin_Final.pdf
8. Haskevych, V. G., Papish, I. Ya., & Teleguz, O. G. (2021). *Soil Physics. Laboratory practical / textbook*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv. 170 p. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/Haskevych2021.pdf>
9. Hidayatulloh, A. M., & Agusta, R. P. (2022). Soil erosion estimation using RUSLE method. *Indonesia post-pandemic outlook*:

- Environment and technology role for Indonesia development*, 69–80. Jakarta: BRIN Publishing. <https://doi.org/10.55981/brin.538.c507>
10. Kinnel, P. I. A. (2010). Event Soil Loss, Runoff and the Universal Soil Loss Equation Family of Models: A Review. *Journal of Hydrology*, 385, 384–397. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.024>
 11. Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J.R. (2011). *SWAT: Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation*. Version 2009. USDA, ARS, Temple. 618 p. URL: <https://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>
 12. Onderka, M., & Pecho, J. (2019). Update of the erosive rain factor in Slovakia using data from the period 1961–2009. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 49(3), 355–371. <https://doi.org/10.2478/congeo-2019-0018>
 13. Oualid, A. T., Hamimed, A., Benamina, B., et al. (2026). Assessment of water erosion risk in the Fergoug watershed in Algeria using a GIS-based RUSLE approach. *Journal of degraded and mining lands management*, vol. 13, number 1 (January 2026), 9531–9544. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2026.131.9531>
 14. Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., & Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the Total Environment*, 479–480, 189–200. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.010>
 15. Popovych, V. V., Skrobala, V., Kopylov, V., & Kopystynskiy, Y. (2025). Heavy metals distribution in water and soil of the coastal zone of the Styr River (Ukraine) and its tributaries. *Journal of Ecological Engineering*, 26(2), 1–14. <https://doi.org/10.12911/22998993/196042>
 16. Renard, K. G., Foster, G. R., Weessies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 703, 404 p. URL: <https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/717.pdf>
 17. Renschler, C. S., & Harbor, J. (2002). Soil erosion assessment tools from point to regional scales – the role of geomorphologists in land management research and implementation. *Geomorphology*, 47(2–4), 189–209. URL: <https://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.qoos.com.br/downloads/Disciplinas/Modelagem/Renschler%202002.pdf>
 18. Saouita, J., El-Hmadi, A., Ousmana, H., et al. (2026). The Impact of Climate Change and Land Use on Soil Erosion Using the RUSLE Model in the Tigrigra Watershed (Azrou Region, Middle Atlas, Morocco). *Sustainability*, 18, article ID 1276. <https://doi.org/10.3390/su18031276>
 19. Sharpley, A. N., & Williams, J. R. (Eds). (1990). *EPIC – Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation*. U. S. Department of Agriculture Technical Bulletin, 1768, 235 p. URL: <https://epicapex.tamu.edu/media/h2gkyznv/epicmodeldocumentation.pdf>
 20. Skrobala, V. M., & Dulyba, O. S. (2025). Rainfall erosivity as a climatic factor of the manifestation of water erosion of soil cover in parks and forest parks of Lviv (Ukraine). *Scientific Bulletin of UNFU*, 35(2), 71–79. <https://doi.org/10.36930/40350208>
 21. Skrobala, V. M., Dulyba, O. S., Kaspruk, O. I., et al. (2024). Anthropogenic transformation of ecological conditions of park and forest-park plantations of Lviv city. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), 16–22. <https://doi.org/10.36930/40350502>
 22. Skrobala, V. M., Popovych, V. V., Bosak, P. V., & Shuplat, T. I. (2022). Prediction of changes in the vegetation cover of Ukraine due to climate warming. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 96–105. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-4/096>
 23. Soil Survey Manual. Soil Science Division Staff. Agriculture Handbook No. 18. (2017). 603 p. URL: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>
 24. Tiruneh, G.A., Alemayehu, T.Y., Meshesha, D.T., et al. (2023). Variability modeling and mapping of soil properties for improved management in Ethiopia. *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 6(1), 123–132. <https://doi.org/10.1002/agg2.20357>
 25. Van der Knijff, J. M., Jones, R., & Montanarella, L. (2000). European Commission Soil Erosion Risk Assessment in Europe, 38 p. URL: https://www.unisdr.org/files/1581_ereumew2.pdf
 26. Vopravil, J., Janecek, M., & Tipl, M. (2007). Revised Soil Erodibility K-factor for Soils in the Czech Republic. *Soil and Water Research*, 2, (1), 1–9. URL: <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/swr/2007/01/01.pdf>
 27. Wall, G. J., Coote, D. R., Pringle, E. A., & Shelton, I. J. (Eds). (2002). *RUSLEFAC – Revised Universal Soil Loss Equation for Application in Canada: A Handbook for Estimating Soil Loss from Water Erosion in Canada*. Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada. Ottawa. Contribution No. AAFC/AAC2244E, 117 p. URL: <https://t1p.de/2eux4>
 28. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*; Washington DC: United States Department of Agriculture: USA, Agriculture Handbook, 537, 58 p. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1687723>
 29. Zeghmar, A., Marouf, N., & Mokhtari, E. (2022). Assessment of soil erosion using the GIS-based erosion potential method in the Kebir Rhumel Watershed, Northeast Algeria. *Journal of Water and Land Development*, 52(I – III), 133–144. URL: <https://www.jwld.pl/files/JWLD-52-2022-18-A.Zeghmar.pdf>

V. M. Skrobala, O. S. Dulyba

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

EDAPHIC FACTORS OF THE MANIFESTATION OF WATER EROSION OF THE SOIL COVER IN PARKS AND FOREST PARKS OF LVIV

The general features of the influence of edaphic factors on erosion processes in parks and forest parks of Lviv were analyzed. It was found that abroad the Revised Universal Soil Loss Equation RUSLE is most often used for the assessment and mathematical and cartographic modeling of potential soil losses due to water erosion. It was noted that for calculating the coefficient of soil erosion susceptibility (K-factor) – one of the parameters of the Universal Soil Loss Equation – many formulas have been developed that use granulometric composition, soil texture, organic matter content, soil structure, and water permeability as arguments. It was investigated that in the soils of Lviv's park and forest park plantations, a large range of values of the content of the sand fraction (20.1–89.3 %), silt (7.2–62.3 %) and low clay content (1.3–20.7 %). It was found that the soils of Lviv's plantations belong to 6 classes of soil texture: sand, loamy sand, silty sand, sandy loam, loam, silt loam. Three mathematical expressions for determining the erosion susceptibility of soils were analyzed – the nomogram of Wischmeier & Smith, the WEP and EPIC models. It was established that the WEP model, in which the geometric mean value of soil grains is used to calculate the K-factor, is characterized by the largest deviations from the average values. The high efficiency of the Wischmeier and Smith nomogram and the EPIC model, which are recommended for use in assessing the soil erosion susceptibility of park and forest park plantations in Lviv, was noted. It was established that the average value of the soil erodibility factor of park and forest park plantations in Lviv is $0.032 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, the standard deviation is $0.011 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, and the range of values is $0.008\text{--}0.046 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$. It was found that soils with a low susceptibility to water erosion belong to the textural classes sand and loamy sand; with medium susceptibility to water erosion – to the textural classes sandy loam, loam, silty sand; with high susceptibility to water erosion – to the textural class silt loam.

Keywords: RUSLE; K-factor; soil erodibility; granulometric composition of soils; soil texture.