Стаття та будь-який пов'язаний з нею опублікований матеріал поширюється за ліцензією Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).
The article and any related published material are licensed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

УДК 502.58
DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2713.114.11

Любов ТУСТАНОВСЬКА[1], канд. геол. наук, доц.
ORCID ID: 0000-0003-0079-2258
e-mail: ljume4@ukr.net

Віктор НЕСТЕРОВСЬКИЙ[1], д-р геол. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0002-7065-8962
e-mail: v.nesterovski@ukr.net

Дмитро ЛЯШЕНКО[1,2], д-р геогр. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0001-5588-0322
e-mail: liashenko.d@knu.ua

Наталія ЄГОРЧЕНКОВА[3], д-р тех. наук, проф.
ORCID ID: 0000-0001-5970-0958
e-mail: nataliia.yehorchenkova@fm.uniba.sk

[1]Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
[2]Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Київ, Україна
[3]Центр передового досвіду SPECTRA ЄС Університету Каменського, Братислава, Словаччина

ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ СХИЛОВИХ ПРОЦЕСІВ НА ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН (НА ПРИКЛАДІ М. КИЄВА)

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О. М. Іванік)

В с т у п . ***Глобальні зміни клімату та збільшення техногенного навантаження на рельєф урбанізованих територій зумовлюють зростання ризику активізації небезпечних геологічних процесів (ерозії, зсувів тощо). Це, зі свого боку, впливає на забезпеченість мешканців міста екосистемними послугами. Виявлення таких ділянок потребує комплексного підходу. У пропонованій статті розглянуто зони відпочинку в межах міста Києва, зокрема в парковій зоні Голосіївського лісу (яри "Голосіївський провал" і Дідоровський) та парку "Вічної Слави" з прилеглими до нього територіями. Окреслено головні особливості вияву небезпечних геологічних процесів, проаналізовано фактори стійкості схилів до техногенного навантаження та виконано аналіз зсувної небезпеки в межах досліджуваних ділянок.***

М е т о д и . ***Застосовано комплекс польових геолого-геоморфологічних досліджень, що передбачали окомірне знімання, визначення якісних і кількісних характеристик форм рельєфу, літолого-стратиграфічних особливостей породних комплексів і лідарне знімання (лазерне 3D сканування).***

Р е з у л ь т а т и . ***За проведеними дослідженнями виконано оцінку інтенсивності лінійної денудації та деформації схилів, що призвело до змін морфології рельєфу. Відстежено динаміку розвитку природних і техногенно зумовлених геоморфологічних процесів на території парку "Вічної Слави" та прилеглих ділянках, зокрема в межах Національного заповідника "Києво-Печерська лавра". З'ясовано, що розвиток цих процесів призводить до деформації схилів, негативно впливає на архітектурні комплекси та створює загрози для збереження археологічної спадщини. Виділено ділянки з підвищеним техногенним навантаженням, де зафіксовано тріщиноутворення в будівлях, а також вияви підтоплення підземних споруд, зокрема й печер Києво-Печерської лаври. Встановлено потенційні порушення культурних, насамперед рекреаційних, екосистемних послуг, що виявляються в обмеженні доступу до окремих територій через розвиток яружної ерозії, руйнуванні пішохідних доріжок, зниженні безпеки рекреаційної діяльності та занять спортом, деградації ландшафтної естетики, формуванні нових форм рельєфу та трансформації історично сформованих ландшафтних краєвидів.***

В и с н о в к и . ***Детальні дослідження ключових ділянок дали змогу виявити причинно-наслідкові зв'язки між техногенним впливом, станом екосистеми та потенціалом рекреаційних екосистемних послуг території. Запропоновано інтеграцію результатів досліджень у систему міського управління, що сприятиме збереженню екосистемних послуг рекреаційних територій, підвищенню екологічної безпеки та якості життя населення мегаполісу.***

К л ю ч о в і с л о в а : ***екзогенні геологічні процеси, рекреаційні екосистемі послуги, техногенне навантаження, лідарне знімання, Києво-Печерська лавра, Голосіївський національний природний парк, лінійна ерозія, геодинаміка.***

Вступ

Постановка проблеми. Сучасний екологічний стан територій міст, зміни рельєфу, та техногенний вплив на екосистеми мають бути предметом системного моніторингу на державному рівні. Його варто здійснювати у взаємодії з органами виконавчої влади та місцевого самоврядування. Це буде запобіжним засобом зростання загроз здоров'ю населення та стійкості екосистем. Особливої уваги потребують великі міста. Одним із таких є Київ, територія якого зазнає інтенсивного техногенного навантаження. Умови розвитку міста ускладнюються, з одного боку, особливостями геолого-геоморфологічної будови території, а з іншого – інженерними викликами, пов'язаними з ерозійно-зсувними процесами й урбаністичним тиском на ландшафти (Аніщенко, & Боровий, 2006).

Рельєф правобережжя Києва являє собою лесове плато, розчленоване густою яружно-балковою мережею, глибиною понад 80 м, з максимальними абсолютними висотами від 185 до 195 м над рівнем моря. Внаслідок фізико-механічних властивостей породних комплексів неоген-четвертинного віку уздовж правого берега Дніпра активізуються зсувні явища, а високий

© Тустановська Любов, Нестеровський Віктор, Ляшенко Дмитро, Єгорченкова Наталія, 2026

ISSN 1728-3817

рівень ґрунтових вод сприяє заболоченню ділянок у межах яружно-балкової системи та розвитку карстово-суфозійних процесів.

Аналіз публікацій за темою досліджень. Нині накопичено неабиякий досвід аналізу небезпечних геологічних процесів на території міст. Негативний вплив природних небезпек на об'єкти культурної спадщини й історичні ареали викликаний такими процесами, як-от: ерозія, підтоплення, затоплення, карстування, просідання та зміщення ґрунтів (Демчишин, & Кріль, 2018). Дослідження попередніх років сформували теоретичне підґрунтя для класифікації зсувів, що використовується під час їхнього моделювання (Іванік та ін., 2022; Шевчук, & Іванік, 2011). Значну увагу приділено аналізу впливу урбанізації на активізацію зсувних процесів, зокрема ролі сучасної забудови Києва, деградації дренажних систем і вібраційних навантажень від транспорту (Приймаченко, & Кобзар, 2018). Важливими є також дослідження, присвячені розробленню систем моніторингу підтоплення, моделюванню руху ґрунтових вод й оцінюванню впливу вологості ґрунтів на деформації будівель і споруд (Hudak et al., 2021; Ivanik et al., 2022).

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. Ураховуючи перспективи подальшого розширення міської агломерації та складність геологічних умов території, необхідно ефективнішео використовувати сучасні методи виявлення небезпечних процесів й інженерного захисту території. Незважаючи на тривалий період дослідження небезпечних геологічних процесів у межах Києва, недостатньо вивченими залишаються взаємозв'язки між інженерно-геологічними й геоекологічними підходами. Зокрема, відсутня їхня системна інтеграція у процеси планування заходів, спрямованих на збереження та відновлення екосистемних послуг міських територій (корисних вигод, матеріальних та нематеріальних, які люди безкоштовно отримують від функціонуючих екосистем (лісів, водойм, ґрунтів) для забезпечення їхніх фундаментальних потреб). Це обмежує можливості комплексної оцінки ризиків й ефективного управління деградаційними процесами в умовах інтенсивної урбанізації.

Відповідно до класифікації Millennium Ecosystem Assessment (2005), екосистемні послуги поділяють на чотири основні категорії (Haines-Young, & Potschin, 2018): забезпечувальні, тобто вигоди, які надають екосистеми (продукти харчування, прісна вода, деревина, генетичні ресурси, біохімічні сполуки тощо); регулювальні послуги, тобто вигоди, які отримують унаслідок регулювання екосистемних процесів (напр., регулювання клімату, регулювання водного режиму, очищення води тощо); культурні послуги, тобто нематеріальні вигоди, які люди отримують від екосистем (духовні та релігійні, естетичні, освітні послуги, рекреація та екотуризм, культурна спадщина тощо); а також підтримувальні послуги, необхідні для збереження і функціонування всіх інших екосистемних послуг.

Заслуговують на увагу роботи, присвячені інтеграції концепції екосистемних послуг у дослідженні геологічних небезпек, зокрема зсувних процесів, а також пошуків корисних копалин й оцінки забруднення міст (Menshov, Kuderavets, & Chobotok, 2018; Menshov et al., 2023; Peduzzi, & Piciullo, 2022), де вчені запропонували підхід до оцінювання екосистемних послуг як складової аналізу зсувного ризику. Автори акцентують увагу на екосистемних послугах, що сприяють стабілізації схилів, регулюванню поверхневого стоку, а також рекреаційній та естетичній цінності ландшафтів. Фахівці наголошують, що деградація екосистемних послуг унаслідок зсувів призводить не лише до матеріальних втрат, але й до зниження якості життя населення, втрати рекреаційного потенціалу та порушення соціально значущих функцій територій. У роботі (Rózová, Turanovičová, & Stašová, 2020) культурні екосистемні послуги (Cultural Ecosystem Services) описуються як нематеріальні вигоди, пов'язані з естетичними й іншими проблемами, рекреацією, навчанням і духовним збагаченням (тобто містять рекреаційну, естетичну, освітню й духовну компоненти). Культурні екосистемні послуги визначаються (Chan et al., 2012) як такі, що включають рекреацію, естетичне задоволення, духовне наповнення, натхнення та навчання, що виникають у процесі взаємодії людини з природою (Popescu, & Sasahara, 2009).

Актуальність роботи пов'язана з проблемою прискореної деградації ландшафтів міста через господарську недбалість, що загрожує стабільності архітектурних пам'яток і рекреаційному потенціалу паркових зон. Постійний моніторинг схилових процесів у місті надає можливість оцінити небезпеку природного осередку певної ділянки, спрогнозувати її динаміку та визначити шляхи запобігання розвитку небезпечних геологічних процесів.

Метою роботи є комплексна оцінка розвитку небезпечних екзогенних процесів на правобережжі Києва та визначення їхнього впливу на стан рекреаційних і культурних екосистемних послуг в умовах поєднання кліматичних і техногенних чинників.

Основні ***завдання***:

- проаналізувати вияви сучасних екзогенних процесів (лінійної ерозії, яроутворення, зсувів) у межах обраних рекреаційно-історичних територій Києва;
- визначити та класифікувати основні напрями деградації екосистемних послуг, що пов'язані з розвитком геоморфологічних процесів;
- розробити й апробувати комплексний методичний підхід, що поєднує польові геолого-геоморфологічні дослідження з LiDAR-зніманням для виявлення зон активної деформації мікрорельєфу;
- обґрунтувати рекомендації щодо використання інтегрованого динамічного моніторингу в системі міського управління для підвищення геоекологічної безпеки.

Об'єктом дослідження є рекреаційні території правобережної частини Києва, зокрема яри Голосіївський провал і Дідоровський у межах Національного природного парку (НПП) "Голосіївський", а також схили Печерського пагорбу (Парк "Вічної Слави" та територія Національного заповідника "Києво-Печерська лавра").

Методи

У роботі застосовано комплексний підхід, що поєднує польові геолого-геоморфологічні дослідження й аналіз даних дистанційного зондування (лідарне знімання) з метою виявлення, оцінювання стану та прогнозування небезпечних екзогенних процесів у межах досліджуваної території.

Польові роботи передбачали: візуальне обстеження території, визначення особливостей морфології і масштабу змін рельєфу ключових ділянок та прилеглих схилів; фіксацію сучасних виявів ерозійних, зсувних і делювіально-пролювіальних процесів; визначення меж активних ділянок яроутворення та зон акумуляції наносів; опис відкладів, ґрунтів і рослинного покриву як індикаторів динаміки і стійкості геосистеми та збереження екосистемних послуг.

Для детального аналізу морфології рельєфу було залучено лідарні дані високої розрізненості, що дало змогу отримати цифрові моделі рельєфу (ЦМР) для тестових

ділянок. Встановлено елементи мікрорельєфу, характерні для поверхонь з активним проявом небезпечних геологічних процесів, створено 3D-моделі окремих ділянок і визначено окремі морфометричні параметри форм (глибину, об'єм, крутизну схилів).

Окрему увагу приділено польовому геолого-геоморфологічному аналізу, закартовано ерозійні зміни відвершків ярів, їхньої форми, пролювіальні конуси виносу, новоутворені локальні форми рельєфу тощо. Зіставлення морфології конусу виносу з параметрами ерозійного провалля сприяло визначенню динаміки й інтенсивності екзогенних процесів.

Результати

Досліджувані ділянки (рис. 1) розташовані на правобережжі Дніпра в межах Києва. Їхній відбір зумовлений контрастними геоморфологічними умовами, різним рівнем техногенного навантаження та високою соціально-культурною цінністю. Усі ділянки розміщуються в межах рекреаційних зон і забезпечують киян та гостей міста рекреаційними послугами (рис. 1 г). Моніторингові спостереження проводили протягом 5–6 років, що дало змогу дослідити різні типи геологічних небезпек і умови їхнього вияву.

Схили Печерського плато (ділянка 1(б)), що охоплюють парк "Вічної Слави" та Національний заповідник "Києво-Печерська лавра", характеризуються розвитком глибоких зсувів. У межах урбанізованого середовища ці процеси становлять загрозу для населення, транспортної інфраструктури та інженерних споруд.

Територія Національного заповідника "Києво-Печерська лавра" вирізняється складними інженерно-геологічними умовами. Наявність підземних порожнин і печер у поєднанні з активними схиловими процесами створює передумови для розвитку зсувів, деформацій поверхні та локальних проваль.

Геологічна будова Печерської ділянки представлена багатоярусною системою, де потужні лесоподібні суглинки та піски четвертинного віку покривають водотривкі палеогенові й неогенові глини, формуючи потенційні поверхні ковзання. Багатовіковий техногенний вплив додатково посилює нестабільність цих схилів, що робить територію важливою для дослідження зсувоутворення в умовах міста.

Голосіївська балочно-яружна система (ділянки 2(а) і 3(в)) є прикладом інтенсивного розвитку лінійної ерозії та суфозії в межах плейстоценових лесових відкладів. Ці процеси активно проявляються в умовах підвищеної водопроникності та низької зв'язності порід. Територія виконує функцію природної моделі для дослідження взаємодії умовно збережених лісових екосистем з активізованими екзогенними процесами.

Дідоровський яр (ділянка 2(а)) є типовим прикладом переважання ерозійних процесів. Активне руйнування схилів і швидка трансформація мікрорельєфу дають змогу виявити ключові чинники ерозії й оцінити її вплив на морфодинаміку території.

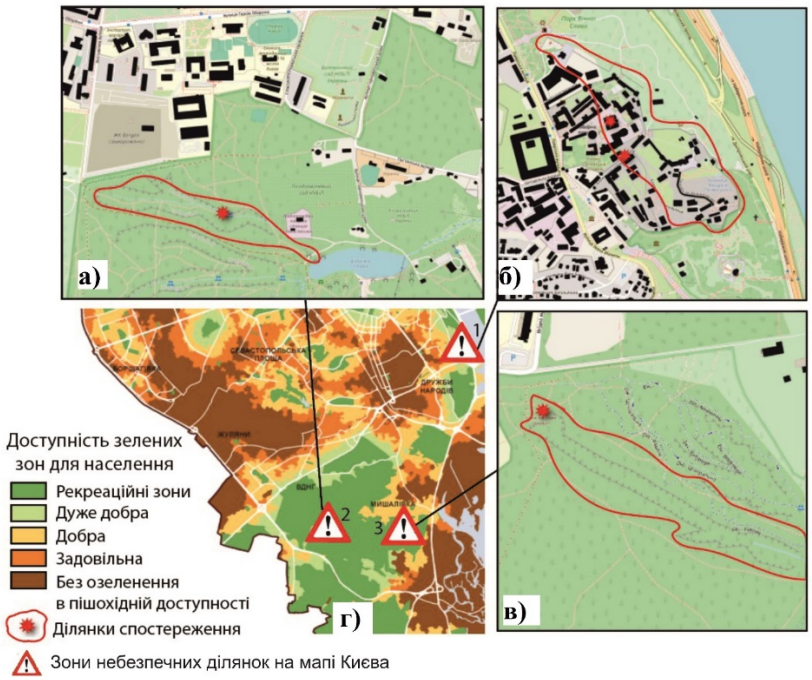


Рис. 1. Доступність озеленення для мешканців міста та схема ділянок досліджень (ЛУН Місто, 2019)**:**
а) схема досліджень Дідоровського яру (біля Екостежки); б) схема досліджень
на території Національного заповідника "Києво-Печерська лавра"; в) схема досліджень яру “Голосіївський провал”
(біля Фрірайд-траси); г) фрагмент мапи Києва з винесеними зонами небезпечних ділянок досліджень;
за матеріалами (Учасники OpenStreetMap, 2026)

Яр "Голосіївський провал" (ділянка 3(в)) характеризується розвитком зсувів і локальних просідань, що обумовлено нестійкими ґрунтами та складними інженерно-геологічними умовами. Це робить його репрезентативним об'єктом для аналізу механізмів гравітаційних процесів, оцінки їхньої інтенсивності та впливу на рекреаційну інфраструктуру й безпеку користувачів території.

Схили Печерського плато (ділянка 1(б)), що охоплюють парк "Вічної Слави" та Києво-Печерську лавру, характеризуються розвитком глибоких зсувів. У межах урбанізованого середовища ці процеси становлять загрозу для населення, транспортної інфраструктури.

Отже, досліджені ділянки репрезентують основні типи небезпечних процесів: зсуви, ерозію, суфозію та локальні провали. Це дає змогу виконати комплексний аналіз

їхнього розвитку й оцінити вплив на природні екосистеми, міську інфраструктуру та об'єкти культурної спадщини.

Отримані результати мають узагальнювальне значення для оцінки небезпечних процесів й управління георизиками в інших історичних містах Європи, сформованих у подібних геолого-геоморфологічних умовах.

Екосистемні послуги. Усі три досліджені ділянки забезпечують широкий спектр екосистемних послуг, передусім рекреаційних і культурних. Водночас вони належать до зсувонебезпечних зон, що сформувалися під впливом водно-гравітаційних процесів, особливостей рельєфу, а також геологічних, гідрогеологічних і тектонічних умов.

Екосистеми цих територій виконують важливі регулюючі функції, зокрема очищення повітря, поглинання вуглецю, регулювання мікроклімату, контроль поверхневого стоку та захист ґрунтів від ерозії. Вони також підтримують біорізноманіття, забезпечуючи середовища існування для численних видів флори і фауни та сприяючи екологічній стабільності міського середовища. Крім того, ці території мають значну рекреаційну, освітню й історико-культурну цінність, забезпечуючи можливості для відпочинку, наукових досліджень і збереження культурної спадщини.

Природні комплекси Голосіївського НПП вирізняються високою природоохоронною значущістю, проте інтенсифікація лінійної ерозії й активне яроутворення призводять до деградації їхніх ключових функцій. Руйнування ґрунтового профілю знижує здатність екосистем до поглинання вуглецю, регулювання мікроклімату та природної фільтрації поверхневих вод. Водночас активізація ерозійних процесів спричиняє фрагментацію оселищ, порушення структури лісових біоценозів і пошкодження кореневих систем дерев, що виконують стабілізувальну роль у межах розчленованого рельєфу.

Схили Печерського плато, зокрема в межах парку "Вічної Слави" та Києво-Печерської лаври, поєднують екологічну цінність із винятковим культурно-історичним значенням. У цій урбанізованій зоні розвиток глибоких зсувів і пов'язане з ними техногенне підтоплення зумовлюють комплексну деградацію екосистемних функцій. Деформації схилів створюють загрозу для архітектурних пам'яток, знижують безпеку та привабливість рекреаційного середовища й обмежують використання території для освітніх, туристичних і культурних практик (табл. 1). Це підтверджує думку про те, що деградація екосистемних функцій має прямий зв'язок з активізацією геологічних процесів. Кожна територія потребує детальніших обстежень для уточнення заходів інженерного захисту.

Таблиця 1

Деградація екосистемних послуг та заходи інженерного захисту на досліджених ділянках

Ділянки, що зазнали впливу	Небезпечні процеси	Деградація екосистемних послуг	Рекомендовані заходи інженерного захисту
1. Парк "Вічної Слави", Національний заповідник "Києво-Печерська лавра"	Яроутворення Зсуви	Культурні: рекреаційні, естетичні, освітні, культурно-історичні. Регулювальні: утримання та стабільність схилів, протиерозійний захист.	• Профілювання та терасування схилів • Улаштування підпірних стін і дренажних прорізів • Посадка рослинності (біоармування)
2. Дідоровський яр	Яроутворення Зсуви	Культурні: рекреаційні, оздоровчі, естетичні, туристичні. Регулювальні: стримування водної ерозії, збереження лісового ґрунтового покриву.	• Закріплення вершин і русла яру перепадами (габіонами) • Регулювання поверхневого стоку (довідні лотки) • Обмеження антропогенного навантаження на бровках яру
3. Яр "Голосіївський провал"	Яроутворення Зсуви Підтоплення	Культурні: рекреаційні, оздоровчі, естетичні, туристичні. Регулювальні: гідрологічний баланс підземних і поверхневих вод, затоплення долини Китаївського струмка внаслідок утворення конуса виносу.	• Закріплення вершин і русла яру перепадами (габіонами) • Облаштування закритих дренажних систем і каптажів джерел надходження дощових вод • Будівництво протизсувних споруд

Відомо, що найбільша небезпека вияву екзогенних процесів приурочена до території схилів долин річок, бортів балок і ярів. У верхів'ях ярів спостерігаються сліди поновлення ерозійних врізів, а в пригирловій частині – накопичення пролювіального матеріалу, що формує конуси виносів. Інфраструктура міста Києва на правобережжі розташована на досить розчленованому рельєфі, що підсилює хід екзогенних процесів. Упродовж останніх десятиріч у місті велося будівництво, коли проєктувальники нехтували геологічними особливостями території.

Яр "Голосіївський провал" сформувався у межах НПП "Голосіївський". Верхів'я яру розташоване поблизу вул. Ягідної мікрорайону Мишоловка. Активне руйнування схилу, за нашими спостереженнями, пов'язане з порушенням правил відведення дощових вод через комунікаційні труби в яр. За декілька років спостережень зливові води міської мережі виробили на схилі яру величезну ерозійну нішу глибиною 10–11 м, яка поступово збільшується вгору по схилу. Паркові стежки, що розташовані поблизу, підходять упритул до провалля. Будь-якої миті вони можуть обвалитися, що загрожує небезпекою для відпочивальників. Комунальними службами Голосіївського р-ну ці ділянки позначено червоною пластиковою смужкою, але проблему досі не усунуто. Зливна труба обірвана, і стічні води зливаються не на дно яру, а на його схил. Вироблена водою ніша змінила напрямок природного розвитку яру. Зараз він активно розвивається вертикально по схилу в бік вул. Ягідної. Згодом це може призвести до руйнування забудови та систем комунікацій на цій ділянці. За рік ніша яру розширилася і розмила ще кілька метрів породи вгору по схилу. У цьому місці схил має абсолютну висоту близько 180 м і сформований потужною товщею пухких лесовидних суглинків (до 15 м), які швидко розмиваються, втрачають стійкість, що призводить до посилення негативних процесів.

Для аналізу території яру "Голосіївський провал" застосовано метод ручного лідарного сканування. Це спосіб дистанційного дослідження з використанням портативного LiDAR-сканера, який оператор переміщує територією по замкненому маршруту. Принцип роботи приладу полягає у випромінюванні лазерних імпульсів і

реєстрації часу їхнього повернення від поверхні об'єктів, що дає змогу визначати просторові координати (X, Y, Z) на відстані 5–10 м зі щільністю до 10 000 – 25 000 точок/м² за один прохід. Це забезпечує побудову 3D-моделі простору й одночасне визначення траєкторії сканера виключно на основі внутрішніх сенсорів пристрою – лідара й інерціального модуля – без залучення зовнішніх сигналів супутникового позиціонування. Такий підхід гарантує повну незалежність зйомки за умови щільного лісового покриву. Додатково фіксуються параметри інтенсивності відбиття сигналу та час реєстрації імпульсу. У підсумку формується хмара точок – масив просторових даних, на основі якого створюється тривимірна модель території (рис. 2 а), зокрема верхів'я яру (ніші). Метод забезпечує оперативне отримання детальної інформації про рельєф та дає можливість ідентифікувати деформації поверхні, ерозійні форми, а також вияви зсувних і денудаційних процесів. Однією з ключових переваг LiDAR є досить висока точність вимірювань. Похибка положення точок, отримана у режимі без супутникового приймача, становила від 5 до 10 см. Такий рівень деталізації дає змогу фіксувати навіть незначні нерівності рельєфу та початкові стадії деформацій. За умов знімання в комплекті із супутниковим приймачем після закінчення вегетаційного періоду за відсутності листя на деревах точність може зрости до 3–5 см.

З огляду на каньйоноподібну форму схилів верхів'я яру, що ускладнює проведення контактних вимірювань, використання лідарного сканування є найбільш ефективним методом дослідження. Результатом зйомки стала тривимірна модель деформованої поверхні, що дає змогу кількісно та якісно оцінити морфологію верхів'я яру. Встановлено, що глибина провалля становить близько 11 м, а площа небезпечної зони перевищує 50 м² (рис. 2 а). На моделі чітко ідентифікуються ділянки, позбавлені рослинного покриву та приурочені до зон активної денудації. Додатково визначено також напрямок сучасних ерозійних потоків. Використання LiDAR відкриває можливості для регулярного моніторингу динаміки ерозійно-денудаційних процесів у короткостроковому часовому інтервалі (рис. 2 б, в).

У ході польових досліджень було з'ясовано головні чинники активної денудації схилів яру. Серед них необхідно виділити суто геологічні, що пов'язані з особливостями породних комплексів та гідрогеологією району. Підземні води Києва належать до Дніпровського артезіанського басейну та характеризуються наявністю ґрунтових, міжпластових і напірних водоносних горизонтів. На цій території підземні води розвантажуються на висотах близько 150 м у тальвегу основного яру у вигляді джерела. Крім цього, ці об'єкти додатково поповнюються водою шляхом інфільтрації атмосферних опадів і перетікання із суміжних водоносних горизонтів і тих, що залягають вище (Кондратюк та ін., 2007).

Ґрунтові води в яру виходять на поверхню та спільно з атмосферними опадами стікають до каскаду Китаївських ставків (озер), у які виносяться делювіально-пролювальні відклади прилеглих ярів, зокрема й лесовий матеріал яру "Голосіївський провал", що призвело до формування конусів виносу. Перший, давніший, з більшою масою винесеного матеріалу, що й сформував долину самого яру. Нині він не розвивається, заріс рослинністю і в рельєфі утворює підвищення, що відокремлює гирло яру від ставка. Цей конус змінив напрямок Китаївського струмка, що тепер інтенсивно підмиває правий берег. Саме по цій ділянці схилу проходить спортивна доріжка (фрирайд-траса), яка постійно руйнується внаслідок бічної ерозії.

Другий конус, пізніший, сформувався в самому гирлі яру і зараз постійно збільшується внаслідок розмивання новоутвореного верхів'я. Це може призвести до повного перекриття гирла яру і ще більше активізувати розвиток бічної ерозії, яка вже помітно проявляється у змінах мікрорельєфу – утворюються специфічні пагорби у вигляді останців (Tustanovska, et al., 2025a). Варто також відзначити, що природне верхів'я відгалуження цього яру захаращене сміттям, що також погіршує стан екосистеми.

Моніторингові спостереження за Дідорівським яром у межах Голосіївського парку проводять із 2020 р. Уздовж яру пролягає екологічна стежка, що дає змогу безпосередньо простежити зміни його морфології. За період спостережень зафіксовано помітну активізацію акумулятивних процесів, насамперед накопичення наносів у русловій частині яру. За морфологічними ознаками яр перебуває на пізній стадії розвитку: його схили вкриті рослинністю, а поздовжній профіль наближений до профілю рівноваги. Найбільша ширина яру в середній частині перевищує 20 м. Протягом останніх п'яти років у цій ділянці відбувається інтенсивне накопичення пухкого суглинково-алевритового матеріалу, що зумовлює формування та нарощування конуса виносу (рис. 3).

Встановлено, що вихідним матеріалом для утворення цього конусу є схили у верхній частині новоутвореного відвершку яру. Головним фактором його формування є активний витік стічних вод з комунікаційної труби в бік парку з північно-східної околиці Виставкового центру (ВДНГ), приблизно за 50 м від асфальтованої вул. Виставкової (стара назва – Полковника Потєхіна), навпроти СТО "Мазда". Ці води помітно розмивають схили, що сформовані лесовидними суглинками з високою здатністю до утворення рухомої маси. Унаслідок цього утворився новий, третій відвершок яру з глибиною у верхів'ї 5–10 м.

Для встановлення повнішої картини морфологічних змін яру було проведено окомірне знімання (Літинський, 2001). Воно є найпростішим видом топографічної зйомки для складання плану місцевості, де відстані вимірюють кроками, а напрямки – за допомогою компаса. Це швидкий спосіб отримати схему невеликої ділянки, коли немає необхідності у високій точності. Завдяки зніманню встановлено, що новоутворений конус виносу має дещо нехарактерний для таких процесів спосіб розташування. Його основне тіло лежить у середній частині яру і займає всю ширину його русла. Довжина конусу становить понад 30 м (рис. 3). У цій частині русло має циркоподібну форму і звужується в бік гирла. Тут і накопичується винесений матеріал, що припіднімається в рельєфі. Після звуження яр знову заглиблюється з типовим профілем рівноваги. На схилах яру зафіксовано давні та новоутворені зсувні тіла. Також спостерігається зародження нових відвершків, що утворюються із суфозійних лійок. У гирловій частині яр заболочений, а його базисом ерозії є ставок "Дідорівка". Для запобігання ерозії гирло обладнане підпірними стінками. Проте, незважаючи на це, процеси руйнування схилів тривають, формуючи на вододілах суфозійні форми.

Верхня частина Дідорівського яру також захаращена сміттям різного походження, що підсилює процеси руйнування схилів, а також суттєво впливає на якість води, яка надходить до ставу, що є зоною активного відпочинку. Подібні негативні явища розвиваються на території більшої частини Голосіївського парку.

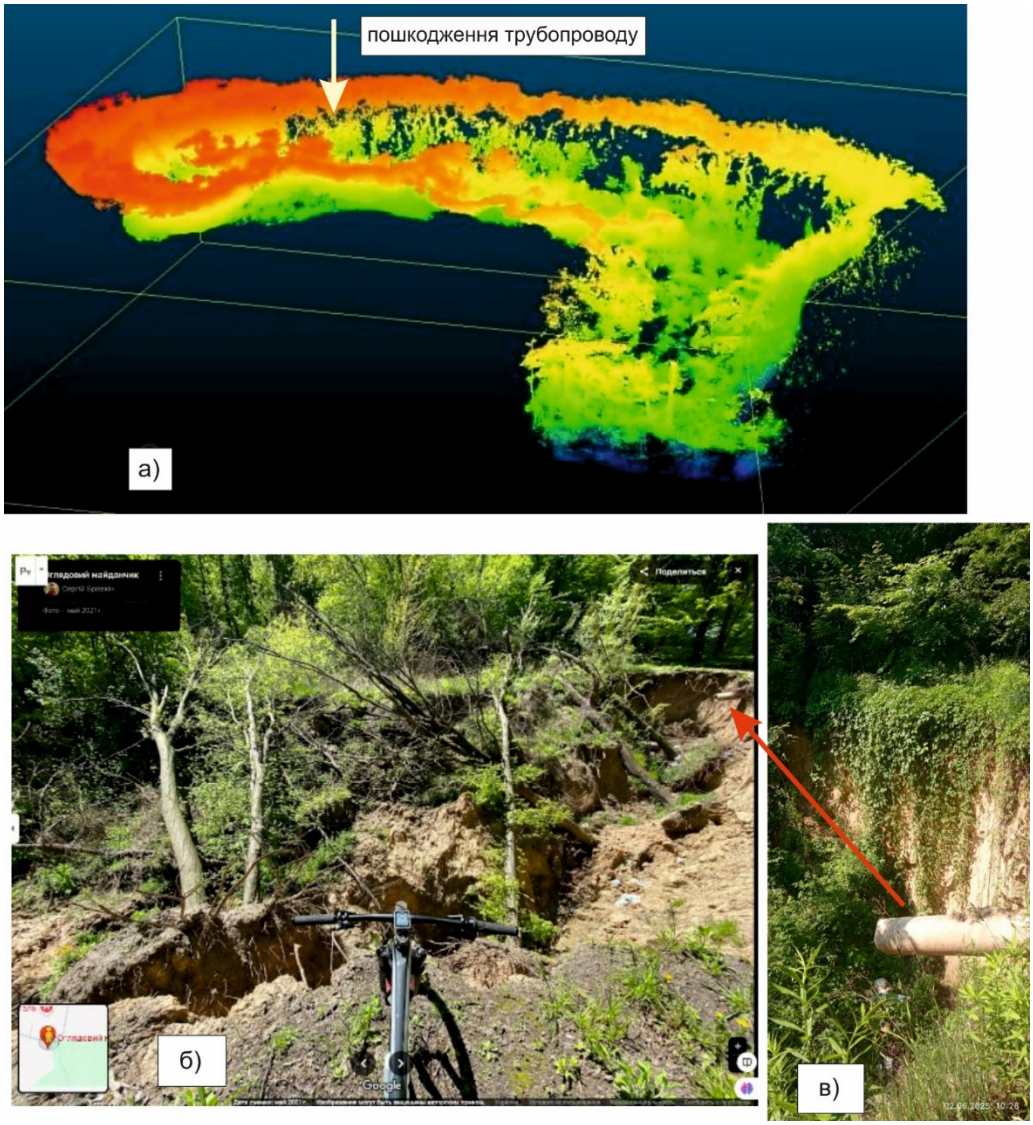


Рис. 2. Наслідки техногенного впливу в ярі "Голосіївський провал" за період 2019–2025 рр.:
а) 3D-модель пошкодженої ділянки у верхів'ї яру; б) початкова лінійна денудація схилу через виведення комунікаційної труби в 2019 р.; в) активний розвиток лінійної денудації у 2025 р.

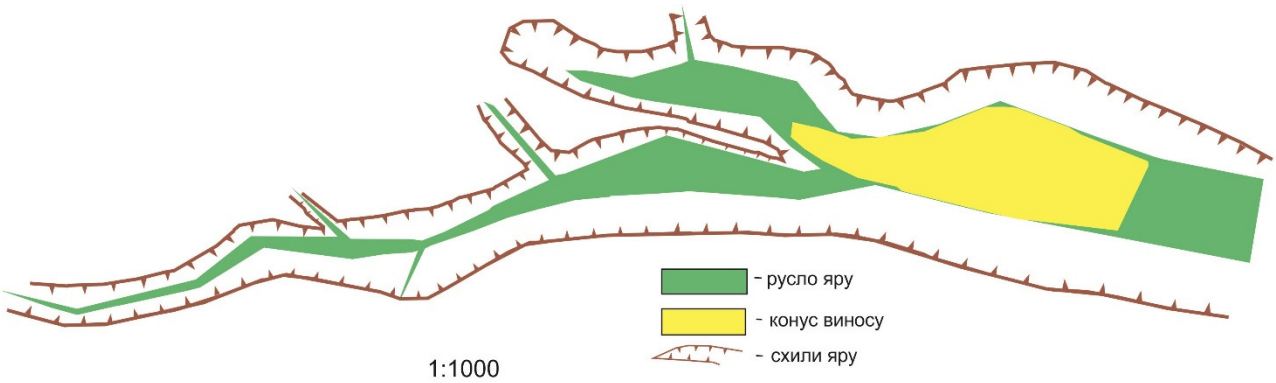


Рис. 3. Схема Дідорівського яру

Наступна ключова ділянка дослідження розвитку негативних екзогенних процесів – це територія парку "Вічної Слави", що розташований на першій і другій надзаплавних терасах долини Дніпра між Лаврською вулицею та Дніпровським узвозом. З півдня він обмежений фортифікаційними валами Києво-Печерського монастиря та територією унікального музейного комплексу з підземними спорудами – Національного заповідника "Києво-Печерська лавра".

У геоструктурному сенсі ця територія розміщується в зоні зчленування Українського кристалічного масиву з Дніпровсько-Донецькою западиною. Породи, що

беруть участь у зсувоутворенні, представлені утвореннями палеогенової, неогенової та четвертинної систем. У тектонічному плані територія розташована в межах Київського блоку на північному схилі Українського щита. Кристалічний фундамент розбитий серією розломів субмеридіонального, субширотного, північно-східного та північно-західного простягання. Зона одного із розломів розмежовує Печерський пагорб у межах досліджуваних ділянок (рис. 4).

Рельєф території правобережного Києва являє собою горбисту слабонахилену височину з регіональним нахилом у південно-східному напрямку, з густою яружно-балковою мережею. Абсолютні позначки сучасної поверхні рельєфу коливаються від 112 до 272 м. Правобережжя Дніпра ускладнене долинами та глибокими ярами з великою кількістю відвершків, що розмежовують ділянки схилів, утворюючи окремо стоячі останці. Кліматичні умови цього регіону також мають значний вплив на розвиток екзогенних процесів, зокрема і зсувних зміщень (Іванік та ін., 2022; Ivanik et al., 2022).

Схили тут мають значну крутизну (до 60°) з перепадом висот над рівнем Дніпра до 61 м та сформовані породами, схильними до руйнування, що є суттєвим чинником розвитку ерозійно-денудаційних процесів. Їхні наслідки спостерігаються в підніжжі схилів парку та на території заповідника "Києво-Печерська лавра" у вигляді давніх і нових зсувних тіл та зруйнованих підпірних стінок (Архипенко, 2017; Nesterovskyi et al., 2023).

Польові роботи, проведені на території парку та заповідника, передбачали геолого-геоморфологічне обстеження схилів і морфометричний аналіз палеорельєфу. Аналіз цих досліджень й інтерпретація отриманих даних допомогли простежити еволюцію палеорельєфу схилів і здійснити прогнозну оцінку потенційної небезпеки, що загрожує не тільки рекреаційним зонам, але й археологічним комплексам. Результати цих досліджень було описано та оприлюднено в роботах, зокрема (Tustanovska et al., 2025b).

У багатьох локаціях схили паркової зони та території заповідника ускладнені новоутвореними зсувними тілами, що простягаються вздовж підніжжя схилу. Їхнє утворення пов'язане як з особливостями геологічної будови та морфологією схилів, так і з техногенним впливом. До геологічних чинників розвитку зсувних процесів належать неотектонічні особливості регіону та літологічний склад порід. Територію заповідника перетинає давня розломна зона, що визначає особливості геологічної будови та інженерно-геологічних умов. У межах цієї зони розташовано Успенський собор, фундамент і конструкції якого зазнають впливу сучасних геодинамічних процесів, що проявляється розвитком деформацій (рис. 5 а).

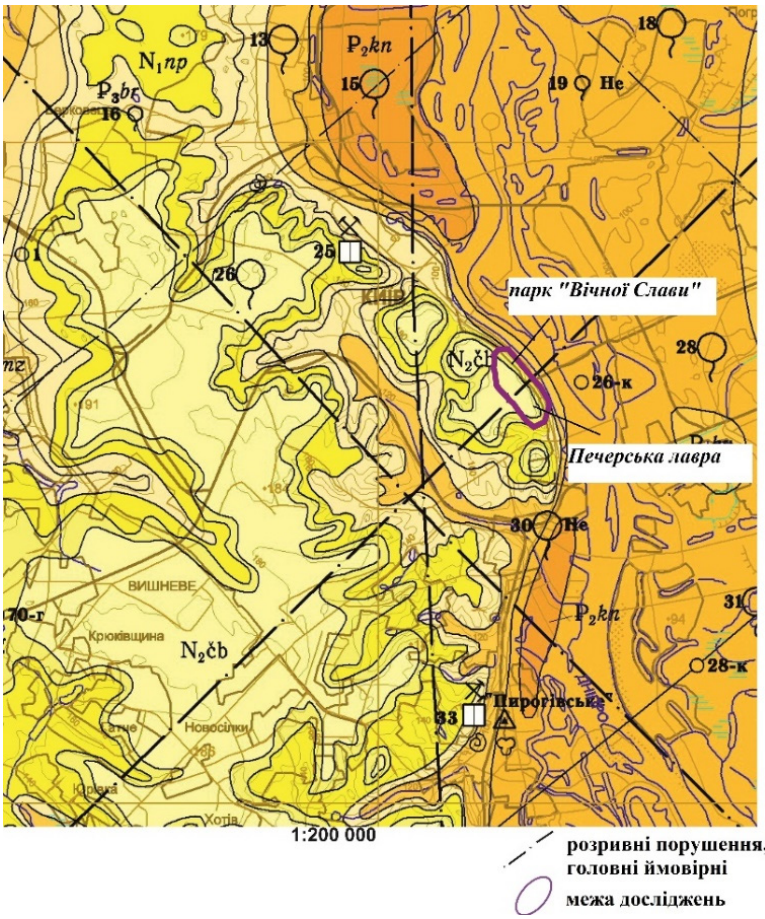


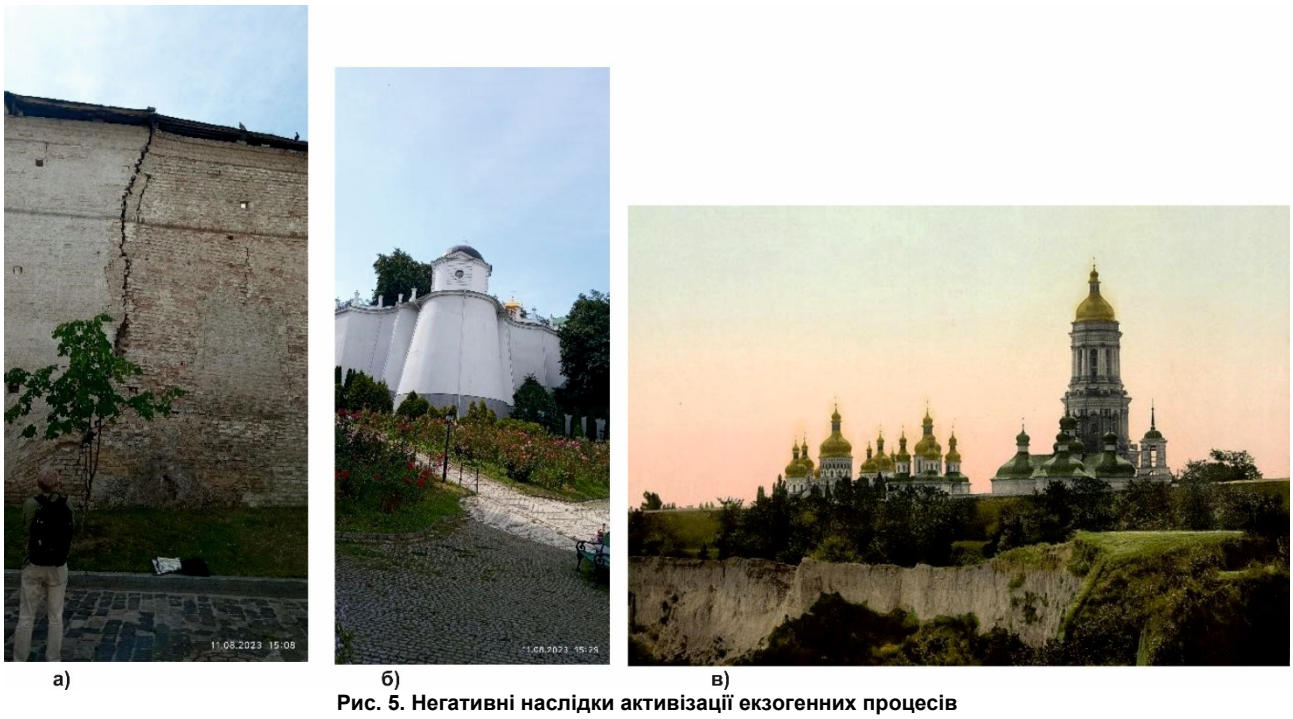
Рис. 4. Фрагмент геологічної карти дочетвертинних утворень з елементами розривних порушень (ГДП-200, лист М-36-XIII (Київ)) (Державна геологічна карта України…, 2001)

У безпосередній близькості до собору розташовані архітектурні комплекси Нижньої лаври, Ближніх і Дальніх печер (рис. 5 б), церква Спаса на Берестові. Остання розміщується на пагорбі біля фортифікаційних валів, прилеглих до парку "Вічної Слави". Усі ці споруди побудовані на крутих схилах, сформованих потужними

лесовими товщами, підстелених моренними суглинками. Таке поєднання літологічних комплексів сприяє формуванню перезволоженої зони та розвитку поверхні ковзання. Унаслідок цього активізуються зсувні зміщення, що призводять до деформації верхньої частини схилів та створюють загрозу розташованих на них споруд (Проміжний звіт…, 2002).

Вплив сучасних екзогенних процесів можна помітити також на ділянці біля підніжжя схилу, де побудовано пам'ятник жертвам Голодомору (рис. 5 в). Пам'ятник зведено на засипаному яру, що розміщується в зоні згаданого розлому.

Додатковими факторами активізації розвитку негативних процесів є явища прихованого підтоплення, пов'язані з проривами системи водозабезпечення та дренажу, що прокладені на прилеглій території. На досліджених ділянках 4-6 разів на рік відбуваються аварії у магістральних тепломережах та мережі напірного водогону. Саме вони зумовлюють додатковий вплив на зміну фізико-механічних властивостей ґрунтового покриву та підстилаючих порід. Відбуваються процеси суфозії, наслідком яких і є утворення провалів та просадок (Cherevko, 2017; Архипенко, 2017).



а) б) в)

Рис. 5. Негативні наслідки активізації екзогенних процесів (будівлі Національного заповідника "Києво-Печерська лавра" та прибережних схилів Дніпра в парку "Вічної Слави"):
а) тріщина архітектурної будівлі в межах Національного заповідника "Києво-Печерська лавра"; б) тріщина на вежі цитадельного комплексу Печерської лаври; в) зсуви на правобережжі Дніпра в межах парку "Вічної Слави" та церкви Спаса на Берестові

Дискусія і висновки

Результатом дослідження є інтеграція традиційного польового геоморфологічного картування з даними, отриманими лідарним зніманням, що забезпечило підґрунтя для фіксації змін мікрорельєфу в межах рекреаційних зон м. Києва та попереднього визначення переліку екосистемних послуг у межах ключових ділянок. Отримані результати демонструють спільну дію природних і техногенних чинників у формуванні нестабільних схилів у межах урбанізованого середовища Києва.

Встановлені закономірності розвитку ерозійних процесів у Голосіївському національному природному парку. Вони узгоджуються із ширшими регіональними тенденціями, де пористі та слабко зцементовані плейстоценові лесові відклади характеризуються високою чутливістю до екстремальних гідрологічних явищ (потоків дощових вод, інтенсивного танення снігу тощо). Це призводить до деградації ґрунтового покриву, порушення його структури та зниження стійкості схилів. Швидкий розвиток ярів "Голосіївський провал" і Дідоровський свідчить, що навіть лісові екосистеми з розвиненою кореневою системою деревної рослинності не забезпечують повної стабілізації схилів в умовах літніх злив. Поверхневий стік, посилений порушенням дренажних систем, значно прискорює лінійну ерозію. Це ставить під сумнів уявлення про достатність рослинного покриву як головного стабілізувального чинника в міських умовах. Детальний аналіз морфології Дідоровського яру допоміг встановити формування конуса виносу площею понад 60 м², що відображає процеси перебудови профілю рівноваги руслової системи. Формування нового відвершку підтверджує домінування техногенного впливу в трансформації морфології схилів.

На Печерському пагорбі розвиток зсувних процесів є результатом взаємодії геологічних умов та тривалого техногенного навантаження. Контакти водотривких палеогенових і неогенових глин у поєднанні з навантаженням від забудови, змінами підземного стоку та техногенним підтопленням формують умови підвищеної зсувонебезпеки. У межах заповідника "Києво-Печерська лавра" та парку "Вічної Слави" ідентифіковано близько 30 нестійких ділянок, з яких приблизно 20 становлять пряму загрозу об'єктам культурної спадщини. Важливим результатом є встановлення прямого зв'язку між геоморфологічними умовами та деградацією екосистемних послуг, зокрема і втратою рекреаційного потенціалу,

пошкодженням інфраструктури та погіршенням стану культурних ландшафтів.

Отримані результати свідчать, що порушення стійкості схилів у Києві варто розглядати не лише як геологічну, а і як комплексну геоекологічну проблему, що впливає на безпеку функціонування та сталий розвиток міських територій. Ефективний моніторинг зсувонебезпечних ділянок потребує комплексного підходу, що поєднує аналіз геологічної будови, морфодинамічних процесів і гідрологічних умов та сучасних техногенних навантажень. Важливим напрямом зниження ризику є впровадження природоорієнтованих рішень, зокрема біоінженерного укріплення схилів, відновлення рослинного покриву, регулювання поверхневого стоку та вдосконалення систем водовідведення. Інтеграція геоморфологічних даних результатів польових досліджень і лідарних знімань до системи міського планування створює умови для переходу від реагування на наслідки до проактивного управління георизиками, визначення пріоритетів заходів інженерного і захисту та збереження об'єктів культурної спадщини. Запропонований підхід може бути адаптований для застосування в інших європейських містах із подібними геолого-геоморфологічними умовами, насамперед територій, сформованих лесовими товщами.

Внесок авторів: Любов Тустановська – концептуалізація, методологія, написання (оригінальна чернетка, перегляд і редагування); Віктор Нестеровський – валідація даних, формальний аналіз; Дмитро Ляшенко – методологія, валідація, формальний аналіз, написання (оригінальна чернетка, перегляд і редагування). Наталія Єгорченкова – валідація даних, формальний аналіз.

Джерела фінансування. Автори заявляють про відсутність зовнішнього фінансування для проведення цього дослідження та підготовки рукопису до публікації.

Подяка. Автори вдячні А. Нестризі за надані матеріали лідарного знімання та консультативну допомогу в обробленні його результатів.

Список використаних джерел

Архипенко, О. Ю. (2017). Технічний звіт служби головного архітектурного комплексу Свято-Успенського собору, (2017). *Роботи по облаштуванню спостережної мережі гідрогеологічних свердловин на території Національного Києво-Печерського історичко-культурного заповідника*, 152-ІГ-3, с. 81.

Аніщенко, В. О., Боровий, В.О. (2006). *Моніторинг і охорона земель*. Чернігівські обереги.

Демчишин, М. Г., & Кріль, Т. В. (2018). Інженерно-геологічні дослідження в системі наук про Землю НАН України. *Геологічний журнал*, 4, 58–70.

Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000 аркуш M-36-XIII (Київ). (2001). Міністерство екології та природних ресурсів України, Північне державне регіональне геологічне підприємство "Північгеологія".

Іванік О., Меньшов, О., Кравченко, Д., Бондар, К., Гадяцька, К., & Хоменко, Р. (2022). Методичні аспекти оцінки зсувної небезпеки урбанізованих територій (на прикладі модельної ділянки Лиса гора, Київ). *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія,* 1(96), 27–33. http://doi.org/10.17721/1728-2713.96.04.

Кондратюк, С.В. та ін. (2007). *Звіт про інженерно-геологічне та геофізичне вивчення. Інженерно-геологічне довивчення території Київської Чернігівської, Житомирської та Закарпатської областей з метою геологічного обґрунтування протизсувних заходів та геологічного забезпечення УІАС НС* (Кн. 1).

Літинський, В. (Ред.). (2001). *Геодезичний енциклопедичний словник*. Євросвіт.

ЛУН Місто. (2019, 27 березня). *Де в Києві найближче до парків і скверів?* https://lun.ua/misto/ozelenennya

Приймаченко, О. В., & Кобзар, М. О. (2018). Інженерно-геоморфологічне обґрунтування протизсувних захисних споруд на правому березі м. Києва. *Містобудування та територіальне планування*, 67, 132–141. knuba.edu.ua

Проміжний звіт по оцінці зсувонебезпечності та стійкості підґрунтя важливих інженерних споруд та історико-культурних пам'яток на правобережному схилі р. Дніпро в м. Києві". (2002). Звіт Комплексної геофізичної партії за 1998–2002 рр.

Шевчук, В., & Іванік, О. (2011). Умови формування структурних зсувів та їх класифікація для цілей моделювання. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія "Геологія"*, 52, 17–20.

Chan, K. M. A. et al. (2012). Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecological Economics*, 74, 8–18. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.11.011

Cherevko, I. A. (2017). Investigation of the influence of hydrogeological conditions on the state of preservation of underground complexes on the example of the Near Caves of the Kyiv-Pechersk Lavra. In *Proceedings of the ICCROM workshop* (pp. 34–54).

Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1: Guidance on the application of the revised structure*. Fabis Consulting. https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf

Hudak, V. M., Zatserkovnyi, V. I., Cherevko, I. A., Ilchenko, A., & Ilyin, L. (2021). Monitoring of monuments of the Kyiv-Pechersk Lavra in the conditions of flooding processes development. In *15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (pp. 1–5). https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2074

Ivanik, O., Menshov, O., Bondar, K. et al. (2022). Integrated approach to modelling and assessing the landslide hazards at the regional and local scale in Kyiv urbanized area, Ukraine. *Model. Earth Syst. Environ*. https://doi.org/10.1007/s40808-022-01447-x

Menshov, O., Kuderavets, R., & Chobotok, I. (2018). Magnetic and mineralogy analysis of soils of hydrocarbon prospective areas in Ukraine. In *24th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics* (Vol. 2018, No. 1, pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers.

Menshov, O., Vyzhva, S., Horoshkova, L., Tonkha, O., Ivanik, O., Pereira, P., Dindaroglu, T., Pastushenko, T., & Eiben, H. (2023). Distribution of soil magnetic susceptibility as a pollution indicator in the urban and tourist city of Lviv, Ukraine. *Environmental Earth Sciences*, 82(21), 486.

Nesterovskyi, V., Tustanovska, L., Taranenko, S., & Cherevko, I. (2023). Paleogeographic conditions of the formation of the slopes of the Pechersk Hill and their influence on the development of ancient and modern landslide processes in the territory of the Kyiv-Pechersk Lavra. In *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-240.pdf

Peduzzi, P., & Piciullo, L. (2022). Ecosystem services assessment for their integration in the analysis of landslide risk. *Applied Sciences*, 12(23), 12173. https://doi.org/10.3390/app122312173

Popescu, M. E., & Sasahara, K. (2009). Engineering measures for landslide disaster mitigation. In *Landslides – Disaster risk reduction* (pp. 609–631). Springer Berlin Heidelberg.

Rózová, Z., Turanovičová, M., & Stašová, S. (2020). Recreation in the city – A part of cultural ecosystem services. *Ekológia (Bratislava),* 39(2), 190–200. https://doi.org/10.2478/eko-2020-0014.

Tustanovska L., Liashenko D., Trofymenko P., Tytarenko O., & Marhes S. (2025a). Geoecologikal monitoring of hazardous erosional-denudational zones in the urban environment of Kyiv. In *GeoTerrace-2025* (pp. 1–5). https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.202552074

Tustanovska L., Nesterovskyi V., Taranenko S., & Cherevko I. (2025b). Assessment of the deformation and dynamic state of slopes in the “Pechersk Lavra” reserve area and the risks of natural and man-made loadings. In *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (pp. 1–5). https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2025510016?crawler=true

Open Street Map, (2026) Posters were submitted and showed during the even. https://2026.stateofthemap.org/posters/

References

Anishchenko V.O., Borovoy V.O. (2006). *Monitoring and protection of land*. Chernihivski oberehy [in Ukrainian].

Arhypenko A. J., (2017). Technical report of the service of the main architectural complex of the Holy Dormition Cathedral, (2017). *Works on the arrangement of an observation network of hydrogeological wells on the territory of the National Kyiv-Pechersk Historical and Cultural Reserve*, 152-ІГ-3, 81 [in Ukrainian].

Chan, K. M. A. et al. (2012). Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecological Economics*, 74, 8–18. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.11.011

Cherevko, I. A. (2017). Investigation of the influence of hydrogeological conditions on the state of preservation of underground complexes on the example of the Near Caves of the Kyiv-Pechersk Lavra. In *Proceedings of the ICCROM workshop* (pp. 34–54).

Demchyshyn, M. G., & Kril, T. V. (2018). Inzhenerno-geolohichni doslidzhennia v systemi nauk pro Zemliu NAN Ukrainy. Engineering-geological research in the system of Earth sciences of the NAS of Ukraine. *Geolohichnyi Zhurnal*, 4, 58–70 [in Ukrainian]. https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2018.4.148467

Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1: Guidance on the*

application of the revised structure. Fabis Consulting. https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf

Hudak, V. M., Zatserkovnyi, V. I., Cherevko, I. A., Ilchenko, A., & Ilyin, L. (2021). Monitoring of monuments of the Kyiv-Pechersk Lavra in the conditions of flooding processes development. In *15th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (pp. 1–5). https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2074

Interim report on the assessment of landslide hazard and stability of the foundation of important engineering structures and historical and cultural monuments on the right bank of the Dnieper River in Kyiv. (2002). Report of the Comprehensive Geophysical Party for 1998–2002 [in Ukrainian].

Ivanik, O., Menshov, O., Bondar, K. et al. (2022). Integrated approach to modelling and assessing the landslide hazards at the regional and local scale in Kyiv urbanized area, Ukraine. *Model. Earth Syst. Environ.* https://doi.org/10.1007/s40808-022-01447-x

Ivanik, O., Menshov, O., Bondar, K. et al. (2022). Methodological aspects of landslide hazard assessment within urbanized areas (for example, the model site Lysa Hora, Kyiv). *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series "Geology"*, 1(96), 27–33 [in Ukrainian]. http://doi.org/10.17721/1728-2713.96.04

Kondratuk S. V. et al. (2007). Report on engineering-geological and geophysical survey. 2007. Engineering and geological study of the territory of Kyiv, Chernihiv, Zhytomyr and Zakarpattia regions for the purpose of geological substantiation of landslide prevention measures and geological support of the UIAS of Emergencies **(**Kn. 1) [in Ukrainian].

Litynskyi, V. (Ed.). (2001). *Geodetic encyclopedic dictionary*. Yevrosvit [in Ukrainian].

LUN Misto. (2019, March 27). *Where in Kyiv is closest to parks and squares*? [in Ukrainian]. https://lun.ua/misto/ozelenennya

Menshov, O., Kuderavets, R., & Chobotok, I. (2018). Magnetic and mineralogy analysis of soils of hydrocarbon prospective areas in Ukraine. In *24th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics* (Vol. 2018, No. 1, pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers.

Menshov, O., Vyzhva, S., Horoshkova, L., Tonkha, O., Ivanik, O., Pereira, P., Dindaroglu, T., Pastushenko, T., & Eiben, H. (2023). Distribution of soil magnetic susceptibility as a pollution indicator in the urban and tourist city of Lviv, Ukraine. *Environmental Earth Sciences*, 82(21), 486.

Nesterovskyi, V., Tustanovska, L., Taranenko, S., & Cherevko, I. (2023). Paleogeographic conditions of the formation of the slopes of the Pechersk Hill and their influence on the development of ancient and modern landslide processes in the territory of the Kyiv-Pechersk Lavra. In *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-240.pdf

Peduzzi, P., & Piciullo, L. (2022). Ecosystem services assessment for their integration in the analysis of landslide risk. *Applied Sciences*, 12(23), 12173. https://doi.org/10.3390/app122312173

Popescu, M. E., & Sasahara, K. (2009). Engineering measures for landslide disaster mitigation. In *Landslides – Disaster risk reduction* (pp. 609–631). Springer Berlin Heidelberg.

Pryimachuk, V., & Kobzar, M. (2018). Engineering and geomorphological justification of anti-landslide protection structures on the right bank of Kyiv. *Mistobuduvannia ta Terytorialne Planuvannia*, 67, 132–141 [in Ukrainian]. knuba.edu.ua

Rózová, Z., Turanovičová, M., & Stašová, S. (2020). Recreation in the city – A part of cultural ecosystem services. *Ekológia (Bratislava),* 39(2), 190–200. https://doi.org/10.2478/eko-2020-0014.

Shevchuk, V., & Ivanik, O. (2011). Umovy formuvannia strukturnykh zsuviv ta ikh klasyfikatsiia dlia tsilei modeliuvannia [Conditions for the formation of structural landslides and their classification for modeling purposes]. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series "Geology"*, 52, 17–20 [in Ukrainian].

State Geological Map of Ukraine, scale 1:200,000, sheet M-36-XIII (Kyiv) (2001). Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, Northern State Regional Geological Enterprise "Pivnichgeologiya" [in Ukrainian].

Tustanovska L., Liashenko D., Trofymenko P., Tytarenko O., & Marhes S. (2025a). Geoecologikal monitoring of hazardous erosional-denudational zones in the urban environment of Kyiv. In *GeoTerrace-2025* (pp. 1–5). https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.202552074

Tustanovska L., Nesterovskyi V., Taranenko S., & Cherevko I. (2025b). Assessment of the deformation and dynamic state of slopes in the “Pechersk Lavra” reserve area and the risks of natural and man-made loadings. In *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (pp. 1–5). https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2025510016?crawler=true

Open Street Map, (2026) Posters were submitted and showed during the even. https://2026.stateofthemap.org/posters/

Отримано редакцією журналу / Received: 30.04.26
Прорецензовано / Revised: 30.07.26
Схвалено до друку / Accepted: 02.09.26
Опубліковано / Published: 30.09.26

Lyubov TUSTANOVSKA[1], PhD (Geol.), Assoc. Prof.
ORCID ID: 0000-0003-0079-2258
e-mail: ljume4@ukr.net

Viktor NESTEROVSKYI[1], DSc (Geol.), Prof.
ORCID ID: 0000-0002-7065-8962
e-mail: v.nesterovski@ukr.net

Dmytro LIASHENKO[1,2], DSc (Engin.), Prof.
ORCID ID: 0000-0001-5588-0322
e-mail: liashenko.d@knu.ua

Nataliia YEHORCHENKOVA[3], DSc (Engin.), Prof.
ORCID ID: 0000-0001-5970-0958
e-mail: nataliia.yehorchenkova@fm.uniba.sk

[1]Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
[2]Center for Aerospace Earth Research, Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
[3]Center of Excellence SPECTRA EU, Kamensky University, Bratislava, Slovakia

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE IMPACT OF SLOPE PROCESSES ON ECOSYSTEM SERVICES IN RECREATIONAL AREAS: A CASE STUDY OF KYIV

Background. ***Global climate change and the increasing anthropogenic pressure on the relief of urbanized areas contribute to a higher risk of hazardous geological processes, including erosion and landslides. These processes, in turn, affect the provision of ecosystem services to urban residents. Identifying such hazardous areas requires an integrated approach. This paper examines several recreational areas within the city of Kyiv, including the Holosiivskyi Forest park zone (Holosiivskyi Sinkhole and Didorivskyi Ravine) and the Park of Eternal Glory together with its adjacent territories. The main features of hazardous geological processes are identified, the factors controlling slope stability under anthropogenic pressure are analyzed, and the landslide hazard within the study areas is assessed.***

Methods. ***The study employed a comprehensive set of field geological and geomorphological investigations, including visual field surveying, qualitative and quantitative assessment of landform characteristics, analysis of the lithological and stratigraphic features of geological units, and LiDAR surveying.***

Results. ***The conducted investigations made it possible to assess the intensity of linear denudation and slope deformation, which resulted in changes to the terrain morphology. The dynamics of both natural and anthropogenically induced geomorphological processes were traced within the Park of Eternal Glory and its adjacent areas, including the territory of the National Kyiv-Pechersk Lavra Reserve. It was established that the development of these processes causes slope deformation, adversely affects architectural complexes, and poses threats to the preservation of archaeological heritage. Areas subjected to increased anthropogenic pressure were identified, where structural cracking of buildings and flooding of underground structures, including the caves of the Kyiv-Pechersk Lavra, were recorded. Potential degradation of cultural ecosystem services, particularly recreational services, was also identified. These impacts are manifested in restricted access to certain areas due to gully erosion, damage to pedestrian pathways, reduced safety of recreational and sports activities, degradation of landscape aesthetics, the formation of new landforms, and the transformation of historically established landscapes.***

C o n c l u s i o n s . ***Detailed investigations of the key study sites made it possible to identify the cause-and-effect relationships between anthropogenic impacts, ecosystem condition, and the capacity of the area to provide recreational ecosystem services. The integration of the research findings into urban management is proposed to support the conservation of ecosystem services in recreational areas, enhance environmental safety, and improve the quality of life of the metropolitan population.***

K e y w o r d s : ***exogenic geological processes, recreational ecosystem services, human impact, LiDAR scanning, Kyiv-Pechersk Lavra, Holosiivskyi National Nature Park, linear erosion, geodynamics.***

Декларація про генеративний штучний інтелект та технології, що використовують штучний інтелект. Під час підготовки цієї статті автори не використовували інструменти штучного інтелекту.

Declaration of Generative AI and AI-Assisted Technologies. During the preparation of this work, the authors did not use artificial intelligence tools.

Етична декларація. Дослідження є теоретичним аналізом відкритих джерел і не передбачає безпосередньої взаємодії з людьми чи тваринами. Відповідно, отримання спеціального етичного висновку для такого типу дослідження не потрібно.

Ethical Statement. This study is a theoretical analysis of public sources and does not involve direct interaction with humans or animals. Accordingly, formal ethical approval was not required for this type of research.

Віктор Нестеровський є членом редколегії видання, тому він не брав участі у рецензуванні та прийнятті рішення щодо публікації цієї статті.

Дмитро Ляшенко є членом редколегії видання, тому не брав участі у рецензуванні та прийнятті рішення щодо публікації цієї статті.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

Viktor Nesterovskyi is a member of the journal editorial board, therefore did not take part in the peer-review process or in the decision to publish of this article.

Dmytro Liashenko is a member of the journal editorial board, therefore did not take part in the peer-review process or in the decision to publish of this article.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.

ISSN 1728-3817