Голові разової спеціалізованої вченої ради
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
доктору геологічних наук, професору,
професору кафедри геології нафти і газу,
Карпенку Олексію Миколайовичу

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента Іванік Олени Михайлівни,
доктора геологічних наук, професора,
професора кафедри загальної та історичної геології ННІ «Інститут геології»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

на дисертаційну роботу Гудака Василя Михайловича

«Моніторинг екзогенних геологічних процесів на території Києво-Печерської лаври засобами геоінформаційних систем»

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 103 – Науки про Землю

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота Гудака Василя Михайловича на тему: **«Моніторинг екзогенних геологічних процесів на території Києво-Печерської лаври засобами геоінформаційних систем»** є науково обґрунтованим, змістовним та актуальним дослідженням формування, активізації та прогнозування екзогенних геологічних процесів на території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра». Тема є важливою як у науковому, так і у прикладному аспектах, оскільки стосується не лише загальних питань аналізу геонебезпек урбанізованих територій, а й питань інженерної геоморфології та геології, моніторингу природних ризиків, а також сталого природокористування.

Отримані результати не лише поглиблюють розуміння чинників виникнення небезпечних геологічних процесів в межах Київського Придніпров'я, а й мають важливе значення для комплексної оцінки регіональної геодинаміки, інженерно-геологічних умов та планування сталого природокористування в умовах сучасних кліматичних змін.

Практичне значення роботи підкреслюється тим, що за десятиліття на території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра» накопичено значний обсяг режимних, геодезичних, геофізичних і дистанційних даних, які досі використовувалися переважно розрізнено. Їх інтегрування в єдиному геоінформаційному середовищі, автоматизоване виявлення аномалій за

КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Вх. № 1021 «12»
«6» 11 2025 р.

супутниковими знімками та нейромережеве моделювання відповідають завданням державного моніторингу геологічного середовища, запровадженого Постановою Кабінету Міністрів України № 685 від 13.06.2024.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана в рамках пріоритетної наукової тематики ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка та є вагомим внеском у реалізацію держбюджетної науково-дослідної теми №25БП049-01(М) «Комплексні моделі та прогнозування геонебезпек природного та військового характеру та оцінки їх впливу на об'єкти критичної інфраструктури» (державний реєстраційний номер 0125U001125). Вагомою перевагою роботи є інтеграція отриманих наукових результатів у європейський дослідницький простір, зокрема в контексті участі в міжнародному проєкті Horizon Europe MSCA Staff Exchanges «Localization in Geophysics, Geohazards and Geoengineering» (LOC3G, грантова угода № 101129729). Така співпраця створює передумови розвитку міжінституційної наукової взаємодії та застосування сучасних методологічних підходів у галузі геонаук. Крім того, тематика роботи відповідає напрямам державного моніторингу геологічного середовища та збереження культурної спадщини в Україні.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів, їх достовірності та новизни.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації Гудака В.М. мають високий ступінь обґрунтованості та достовірності, що базується на комплексі дослідницьких підходів і багатому фактичному матеріалі.

По-перше, автор провів всебічний аналіз та узагальнив багаторічні режимні спостереження рівнів ґрунтових вод, супутникові дані, результати геофізичних досліджень і матеріали геолого-геоморфологічних досліджень Національного заповідника «Києво-Печерська лавра», що є унікальним масивом даних для цього об’єкта культурної спадщини України. Такий масштаб матеріалів забезпечив розробку актуальної бази даних та геоінформаційної системи «LAVRA-GEO» із подальшим моделюванням та аналітичними дослідженнями формування та активізації різногенетичних екзогенних геологічних процесів.

По-друге, інтеграція традиційних методів геологічних досліджень з геоінформаційними системами (ГІС) і просторовим моделюванням підвищила якість комплексного аналізу геологічних і геоморфологічних процесів, підтверджуючи складну комбінацію та пріоритетність чинників формування геонебезепек та визначаючи просторово-часові характеристики їх прояву.

По-третє, достовірність результатів моделювання забезпечено коректною методикою навчання моделей, незалежного тестування та зіставлення отриманих результатів із фактичними даними про стан геологічного середовища. На незалежній тестовій вибірці загальна точність класифікації (overall accuracy) перевищила 0,85. Додатковим підтвердженням обґрунтованості отриманих

результатів є просторова відповідність виділених небезпечних ділянок зонам прояву процесів просідання, задокументованих у 2019–2025 рр., а також точкам InSAR-спостережень зі стійкими деформаціями поверхні. Така відповідність свідчить про здатність моделі відображати просторові закономірності прояву окремих екзогенних геологічних процесів і підтверджує практичну значущість результатів для прогнозування стану геологічного середовища в умовах впливу небезпечних геологічних процесів.

Висновки дисертації логічно підтверджуються геологічним аналізом та моделюванням, що дозволяє з упевненістю оцінювати вплив кліматичних, тектонічних і гідрологічних чинників на прояв небезпечних геологічних процесів на території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра».

Рекомендації, сформульовані автором, мають чітке практичне спрямування і можуть бути використані для оцінки та прогнозування небезпечних геологічних процесів, інженерно-геологічних характеристик відкладів, а також у плануванні будівництва та раціональному природокористуванні.

Отже, наукові положення, висновки і рекомендації дисертації є ґрунтовними, логічно випрацьованими, обґрунтованими на широкій емпіричній базі та сучасних методах досліджень і мають як теоретичне, так і практичне значення.

Основні нові наукові результати.

До основних наукових результатів дисертаційної роботи слід віднести такі положення:

1. На основі аналізу та інтеграції геолого-геоморфологічних та кліматичних даних отримали подальший розвиток методичні засади оцінювання стану геологічного середовища в умовах впливу небезпечних геологічних процесів в межах урбанізованих територій.
2. Вперше для території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра» розроблено та апробовано гібридну модель глибокого навчання на основі архітектури U-Net–Transformer, яка забезпечує інтеграцію гідрогеологічних, геоморфологічних, деформаційних і дистанційних даних для геопросторового моделювання та інтегральної оцінки стану геологічного середовища. Застосування моделі дозволило уточнити просторову диференціацію ділянок потенційного розвитку небезпечних геологічних процесів з урахуванням комплексного впливу природних і техногенних чинників.
3. Автором розроблено та апробовано QGIS-плагін «Anomalies to Contours», призначений для автоматизованої ідентифікації, векторизації та визначення атрибутивних характеристик аномальних зон у різнотипних растрових даних з метою вирішення задач комплексного моніторингу геологічного середовища. Застосування розробленого інструменту дозволило встановити просторову локалізацію зон аномального зволоження на території Заповідника, зокрема в межах ділянок над

Ближніми печерами, схилових ділянок та визначити їхні просторові характеристики для подальшого аналізу потенційного впливу на стійкість геологічного середовища.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Наукове значення роботи полягає у розвитку методик інтегрального кількісного оцінювання стану геологічного середовища в умовах впливу небезпечних геологічних процесів. Автор продемонстрував, що різногенетичні ознаки, параметри геологічного середовища та процесів можна формалізувати у вигляді геопросторових шарів і поєднати з даними дистанційного зондування та методами глибокого навчання. Запропонований підхід може бути адаптований для інших урбанізованих територій із складними інженерно-геологічними умовами та активним проявом небезпечних геологічних процесів.

Практичне значення дисертації полягає в можливості використання отриманих матеріалів, схем та карт як елементів системи моніторингу геонебезпек в межах Національного заповідника «Києво-Печерська лавра» та суміжних територій. Це дає змогу визначати пріоритетні ділянки для деталізованих моніторинговоих обстежень, порівнювати стан території в різні періоди часу та вчасно виявляти ознаки активізації та формування небезпечних геологічних процесів. QGIS-плагін «Anomalies to Contours» має самостійне значення як відкритий інструмент аналізу різнотипних растрових даних.

Результати впроваджено в науково-дослідну діяльність Національного заповідника «Києво-Печерська лавра» та в діяльність Департаменту державного геологічного контролю Державної служби геології та надр України, що підтверджено відповідними актами.

Відповідність темі дисертації та спеціальності.

Зміст дисертації відповідає заявленій темі: усі розділи висвітлюють розроблення геоінформаційного забезпечення моніторингу екзогенних геологічних процесів на території Києво-Печерської лаври. Робота відповідає спеціальності 103 – Науки про Землю, адже її предметом є геологічне середовище, класифікації й закономірності розвитку екзогенних геологічних процесів, а також геоінформаційні й дистанційні методи їх дослідження. Рівень виконання наукового завдання є достатнім для дисертації доктора філософії.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях та апробація.

Основні результати дисертації опубліковано в 6 наукових статтях. Чотири статті вийшли у фаховому виданні «Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія», що індексується у міжнародних наукометричних базах (2022, № 3 (98), DOI: 10.17721/1728-2713.98.12; 2025, № 1 (108), DOI: 10.17721/1728-2713.108.13; 2025, № 3 (110), DOI: 10.17721/1728-

2713.110.13; 2026, № 1 (112), DOI: 10.17721/1728-2713.112.14). Дві статті опубліковано у фаховому виданні категорії «Б» «Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки» (2025, № 6, DOI: 10.32782/geochasvnu.2025.6.13; 2026, № 7, DOI: 10.32782/geochasvnu.2026.7.14). Публікації тематично пов'язані з метою, завданнями та висновками дисертації та охоплюють усі її ключові результати. Особистий внесок здобувача в працях, виконаних у співавторстві, зазначено чітко.

Результати дослідження апробовано на міжнародних і всеукраїнських конференціях у 2020–2026 рр., зокрема Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, EAGE Workshop on Assessment of Landslide Hazards, GeoTerrace, «Сучасні проблеми наук про Землю», МОДС. За їх підсумками опубліковано 14 тез доповідей, 8 з яких індексовано в Scopus. Опубліковані матеріали повною мірою відображають зміст дисертації.

Оцінка структури та змісту дисертації.

Дисертація містить такі структурні підрозділи: вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 231 аркуш, у тому числі 171 аркуш основного тексту. Робота ілюстрована 60 рисунками, більшість з яких є авторськими. Список використаних джерел налічує 204 найменування. Побудова дисертації логічна: від методичних засад і класифікаційних підходів, через методи моніторингу та характеристику території, до авторських розробок, моделювання та верифікації результатів.

У першому розділі представлено теоретико-методологічні основи оцінювання впливу екзогенних геологічних процесів на функціонування природно-техногенних систем в межах урбанізованого середовища. Дисертантом опрацьовано головні принципи класифікації геонебезпек та детально описано різні підходи до виявлення класифікаційних ознак різногенетичних геологічних процесів з метою оцінки їх впливу на стійкість природних та техногенних систем. Кожний із розглянутих класифікаційних підходів завершується аналізом обмежень застосування та відповідно необхідною формалізацією для виявлення окремих кількісних характеристик, що використовуватимуться для геопросторового моделювання.

У другому розділі автором детально проаналізовано методи та підходи моніторингу небезпечних геологічних процесів та запропоновано загальну методичну схему оцінювання геологічної нестійкості території Києво-Печерської лаври. Представлена схема забезпечує послідовний перехід від різнорідних первинних спостережень до просторово узгодженої оцінки стану геологічного середовища.

Розділ 3 присвячено фізико-географічній та геологічній характеристиці досліджуваної території. У ньому розкриваються умови, що є визначальними для

формування небезпечних геологічних процесів, аналізується тектонічна будова регіону, яка відіграє ключову роль у морфоструктурному розвитку території. Далі подано стратиграфічну характеристику, що включає геологічний розріз і опис основних літоло-стратиграфічних горизонтів. У підрозділі про геоморфологічну будову викладено загальні риси рельєфу, його походження і будову. Дисертантом описано прояви екзогенних геологічних процесів на території Києво-Печерської лаври, зокрема підтоплення, суфозійно-просадкових явищ, схилових деформацій та пов'язаних із ними деформацій наземних і підземних споруд. Охарактеризовано мережу наземних спостережень та наявні моніторингові дані, які є основою для формування інтегрованої геоінформаційної ситеми. Сформовано критерії градації факторів оцінювання геологічної нестійкості території (табл. 3.2).

У четвертому розділі продемонстровано застосування авторського плагіна для виділення аномальних зон із застосуванням інтерферометричних, теплових і багатоспектральних даних.

У п'ятому розділі автором представлено результати моделювання із застосуванням нейромережевого підходу для просторового відтворення й картографування стану геологічного середовища території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра». Із високим ступенем детальності обґрунтовано застосування гібридної архітектури U-Net–Transformer.

Академічна доброчесність.

Дисертаційна робота виконана здобувачем самостійно, із дотриманням принципів академічної доброчесності та наукової етики. Ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів не виявлено. Запозичені ідеї, класифікаційні схеми, дані та графічні матеріали супроводжуються коректними посиланнями на першоджерела. Наукові положення, винесені на захист, є оригінальними й ґрунтуються на власних розробках, програмній реалізації та інтерпретації фактичних геологічних, геофізичних і дистанційних даних.

Запитання та зауваження до дисертаційної роботи.

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, вважаю за доцільне звернути увагу здобувача на низку положень, що потребують уточнення або можуть стати предметом наукової дискусії під час захисту:

1. Розділ 1 є методичним підґрунтям представленого дисертаційного дослідження і подає авторське бачення терміна «геологічна нестійкість», що, на думку рецензента, є не зовсім вдалим трактуванням процесів порушення стійкості геологічного середовища внаслідок сукупної дії геолого-геоморфологічних, кліматичних та техногенних чинників. Такі зміни відбуваються в геологічному середовищі постійно, залежно від низки чинників та їх комбінацій. Якщо розглядати процеси, що відбуваються в масштабах геологічного часу, то геологічне середовище можна вважати «нестійким»

практично постійно, оскільки воно безперервно зазнає змін під впливом природних процесів. Якщо ж ідеться про зміни геологічного середовища та їхній вплив на техногенні об'єкти, то використання узагальненої інтегральної характеристики в цьому випадку видається не зовсім вдалим, оскільки кожен геологічний процес має свою специфіку, механізми розвитку та особливості впливу на порушення стійкості схилів, земної поверхні, геологічних масивів та інженерних споруд. Відповідно, об'єднання різних за генезисом і механізмами розвитку процесів у межах єдиного поняття «геологічна нестійкість» потребує додаткового обґрунтування, насамперед щодо фізичного змісту цього поняття та можливості його використання для оцінювання впливу небезпечних геологічних процесів на природні й техногенні об'єкти.

2. В дисертації проаналізовано класифікації екзогенних геологічних процесів у загальному вигляді, однак їх застосування до процесів саме на території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра» показано лише опосередковано, через певний добір факторів. Цікавим є порівняння понять, що використовуються для характеристики екзогенних геологічних процесів і стану геологічного середовища (табл. 1.3), однак недостатньо чітко визначено єдині критерії, за якими ці поняття було відібрано та систематизовано. Їх об'єднання за спільною ознакою «небезпечності» в цьому випадку формує дещо неоднорідний підхід до характеристики саме геологічного змісту розглянутих процесів, оскільки наведені поняття належать до різних класифікаційних рівнів і характеризують явища за їхнім генезисом, масштабами прояву, особливостями розвитку, а також із позицій геомеханічних та геотехнічних підходів. На думку рецензента, доцільно було б чіткіше визначити принципи такого порівняння та розмежувати поняття, що характеризують власне геологічні процеси, стан геологічного середовища і наслідки їхнього впливу на природні та техногенні об'єкти.
3. На думку рецензента, критерії градації факторів оцінювання геологічної нестійкості території потребують уточнення, оскільки використані показники не повною мірою характеризують визначені автором властивості та особливості геологічного середовища. До того ж запропоновані критерії поєднують якісні та кількісні характеристики, що суттєво ускладнює їх уніфікацію, зіставлення та подальше використання для розрахунку інтегрального показника. У зв'язку з цим доцільно було б чіткіше обґрунтувати вибір показників, принципи їх градації та способи приведення різнорідних характеристик до єдиної шкали оцінювання.
4. У роботі потребує уточнення термінологія, використана для характеристики результатів опрацювання даних дистанційного зондування Землі та виявлення аномалій. Зокрема, недостатньо обґрунтованим є застосування понять «фоновий рівень зміщень», «фонова температура» та «аномальне зволоження» без визначення відповідних критеріїв і методів їх встановлення. Необхідно

конкретизувати, яким чином визначалися фонові значення для різних типів растрових даних, які статистичні критерії використовувалися для виділення аномальних зон та наскільки вони враховують фізичну природу досліджуваних параметрів. Особливої уваги потребує розмежування статистичних відхилень значень растрових показників і власне геологічних, гідрогеологічних та деформаційних аномалій, оскільки їх ототожнення без незалежного підтвердження може призводити до недостатньо обґрунтованої геологічної інтерпретації отриманих результатів.

5. Ознаку Anomaly сформовано за знімками Landsat і Sentinel-2, роздільна здатність яких істотно грубіша за комірку моделі 5 × 5 м. Автор це обмеження визнає, однак бажано було б оцінити, як воно впливає на виявлення локальних проявів.

Наведені зауваження мають рекомендаційний характер, визначають перспективи подальших досліджень, не знижують наукової новизни та практичної значущості результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальний висновок.

Дисертація Гудака Василя Михайловича «Моніторинг екзогенних геологічних процесів на території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра» засобами геоінформаційних систем» є самостійно виконаною, логічно завершеною кваліфікаційною науковою працею. У ній розв'язано наукове завдання розроблення методичного та геоінформаційного забезпечення комплексного моніторингу екзогенних геологічних процесів в умовах урбанізованого середовища.

Актуальність теми, ступінь обґрунтованості наукових положень, їхня новизна, повнота висвітлення в публікаціях і дотримання академічної доброчесності дають підстави вважати, що дисертація відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44 (зі змінами). Здобувач Гудак Василь Михайлович заслуговує присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 103 – «Науки про Землю».

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Вх. № 10211-11/26
06 » 11 2026 р.

Рецензент
доктор геологічних наук, професор,
професор кафедри загальної та історичної геології,
ННІ «Інститут геології»
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
«06» листопада 2026 р.

Олена ІВАНІК

Підпис засвідчую
Вчений секретар НДЧ
Караульна Н.В.
06.11.2026р.