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 Ляшенка Дмитра Олексійовича,
доктора географічних наук, професора,
професора кафедри геоінформатики 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 присвячена розробленню методичного та геоінформаційного забезпечення комплексного моніторингу екзогенних геологічних процесів на території Національного заповідника «Києво-Печерська лавра». Обрана тематика є актуальною, оскільки збереження об'єктів історико-культурної спадщини в складних інженерно-геологічних умовах потребує систематичного контролю стану геологічного середовища та своєчасного виявлення ознак розвитку небезпечних процесів. Територія лаври, об'єкта світової спадщини ЮНЕСКО, поєднує розчленований рельєф, лесові та піщані ґрунти, підземні печерні комплекси, історичну забудову та розгалужену інженерну інфраструктуру. У поєднанні зі змінами гідрогеологічного режиму це зумовлює розвиток перезволоження, суфозійно-просадкових і схилових процесів, а також деформації нерухомих пам'яток.

Важливим теоретичним здобутком роботи є введення та обґрунтування поняття «геологічна нестійкість» як інтегральної просторово-часової характеристики стану геологічного середовища. Автор чітко розмежовує це поняття з категорією ризику. У межах дослідження цей термін вдало характеризує стан урбанізованої території, адже поєднує геологічні умови, гідрогеологічну динаміку, деформаційний стан і техногенне навантаження в єдиній оцінці, придатній для геоінформаційного моделювання та картографування.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Вх. № 10-22-11472
«6» 11 2025 р.

Особливої актуальності роботі надає те, що накопичені за десятиліття режимні, геодезичні, геофізичні й дистанційні дані різняться за просторовим охопленням, періодичністю та формою подання. Традиційні інтегральні балові методики недостатньо враховують нелінійні просторові залежності та взаємодію суміжних ділянок масиву. Поєднання інтегрування різнорідних даних, автоматизованого виявлення аномалій за супутниковими знімками та нейромережевого моделювання геологічної нестійкості є одним із найцінніших аспектів дисертації. Воно відповідає завданням державного моніторингу геологічного середовища, запровадженого Постановою Кабінету Міністрів України № 685 від 13.06.2024 р.

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

Дисертацію виконано на кафедрі геоінформатики ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Також дисертація пов'язана з дослідженнями за молодіжною держбюджетною темою №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). Окремі дослідження виконано в межах проєкту Horizon Europe MSCA Staff Exchanges «Localization in Geophysics, Geohazards and Geoengineering» (LOC3G, грантова угода № 101129729).

Тематика роботи узгоджується з напрямами моніторингу геонебезпек і збереження культурної спадщини в Україні.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів, їх достовірності та новизни.

Наукові положення і висновки дисертації ґрунтуються на великому масиві фактичних матеріалів і на поєднанні незалежних методичних підходів. До них належать матеріали геоінформаційної бази «LAVRA-GEO» (17 природних і техногенних факторів на сітці 5 × 5 м), багаторічні режимні спостереження рівнів ґрунтових вод, супутникові дані Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8/9, результати обстежень Національного заповідника «Києво-Печерська лавра».

Особливу увагу слід приділити обґрунтуванню складу вхідних ознак, яке виконано на двох взаємодоповнювальних рівнях. Геологічною основою добору є розділ 1, присвячений класифікації екзогенних геологічних процесів. У ньому проаналізовано генетичну, структурно-геологічну класифікації, класифікації за механізмом розвитку, швидкістю й активністю та співвідношенням природних і техногенних чинників. Інтеграція цих класифікаційних ознак дала змогу виділити групи передумов (відносно сталих чинників), динамічних і тригерних чинників нестійкості геологічного середовища. Статистично склад ознак

перевірено кореляційним аналізом та методом головних компонент. Таке поєднання є сильною стороною роботи: ознаки залишаються фізично інтерпретованими, а результати моделювання можна співвіднести з конкретними умовами території.

Нейромережеву модель навчено й оцінено методично коректно. Застосовано блоковий просторовий поділ даних (70/15/15 %), що запобігає витоку інформації через просторову автокореляцію, а дисбаланс класів ураховано зваженою функцією втрат. На відокремленій тестовій підмножині загальна точність перевищила 0,85, F1-міра для небезпечного класу становила близько 0,83, а макроусереднене значення ROC-AUC — понад 0,90.

Достовірність результатів підсилюється взаємною перевіркою незалежних джерел. Автор коректно розмежовує відтворення моделлю інтегральної оцінки та верифікацію змісту карти. Останню виконано з дотриманням хронологічної незалежності за задокументованими у 2019–2025 рр. провалами, просіданнями й деформаціями, даними InSAR і результатами геофізичних досліджень. Задокументовані прояви, точки зі стійкими тенденціями зміщень і геофізичні неоднорідності переважно приурочені до незадовільного й небезпечного класів, що підтверджує геологічну змістовність отриманої карти.

Основні нові наукові результати.

До основних наукових результатів дисертаційної роботи слід віднести такі положення:

1. Вперше для задач комплексного моніторингу геологічного середовища урбанізованих територій розроблено та апробовано у співавторстві QGIS-плагін «Anomalies to Contours». Він реалізує єдину процедуру статистичного виявлення, векторизації та атрибутивного опису аномальних зон у різнотипних растрових даних. Апробація на інтерферометричних (Sentinel-1), теплових (Landsat 8/9) і багатоспектральних (Sentinel-2, PlanetScope) даних підтвердила універсальність алгоритму щодо типу вхідних даних.

2. Вперше для території Києво-Печерської лаври обґрунтовано й реалізовано гібридну модель U-Net–Transformer для нелінійного просторового уточнення інтегральної оцінки геологічної нестійкості. Модель враховує гідрогеологічні, деформаційні та дистанційні ознаки 22-канального просторово-часового масиву.

3. Укладено карту геологічної нестійкості території Києво-Печерської лаври з виділенням відносно стійкого, незадовільного та небезпечного рівнів. Карту верифіковано за фактичними проявами процесів, даними InSAR і геофізичних досліджень.

4. Обґрунтовано процедуру актуалізації карти за новими режимними, деформаційними та дистанційними спостереженнями та її інтеграцію до системи комплексного моніторингу.

5. Удосконалено понятійні засади оцінювання геологічної нестійкості як інтегральної просторово-часової характеристики стану геологічного середовища, чітко розмежованої з поняттям ризику.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Наукове значення роботи полягає у розвитку методичних засад геоінформаційного оцінювання геологічної нестійкості урбанізованих територій. Продемонстровано, що поєднання інтегральної факторної оцінки з нейромережевим моделюванням і дистанційно виявленими аномаліями дає змогу просторово уточнити оцінку стану геологічного середовища. При цьому зберігається фізична інтерпретованість результатів.

Практичне значення дисертації полягає в можливості використання карти геологічної нестійкості як узагальнювального шару системи моніторингу Національного заповідника «Києво-Печерська лавра». Вона дає змогу зіставляти різночасові дані, виявляти несприятливу динаміку та обґрунтовувати пріоритетні ділянки для деталізованих обстежень. QGIS-плагін «Anomalies to Contours» має самостійну практичну цінність як відкритий інструмент, придатний для застосування поза межами території дослідження.

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. Практичний потенціал підходу відзначено також у відгуку фахівця Геологічної служби Канади (Natural Resources Canada). Матеріали роботи доцільно використовувати в навчальному процесі підготовки фахівців з інженерної геології, геоінформатики та ДЗЗ.

Відповідність темі дисертації та спеціальності.

Зміст дисертації повністю відповідає заявленій темі. Усі розділи спрямовані на розроблення методичного та геоінформаційного забезпечення моніторингу екзогенних геологічних процесів на території Києво-Печерської лаври. Робота відповідає спеціальності 103 – Науки про Землю, адже її предметом є геологічне середовище, екзогенні геологічні процеси та 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 дисертаційного дослідження висвітлено в 6 наукових статтях здобувача. Чотири з них опубліковано 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). Усі публікації мають активні DOI та тематично пов'язані з метою, завданнями та висновками дисертації. Особистий внесок здобувача в працях, опублікованих у співавторстві, чітко визначено.

Результати апробовано на міжнародних і всеукраїнських конференціях у 2020–2026 рр. Серед них 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 відображають основний зміст дисертації.

Оцінка структури та змісту дисертації.

Дисертаційна робота має логічну структуру та складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг становить 231 сторінку, у тому числі 171 сторінка основного тексту. Робота містить 60 рисунків і 15 таблиць, список джерел налічує 204 найменування. Побудова дисертації послідовна: від теоретико-методологічних засад і методів моніторингу, через характеристику території та формування інформаційної основи, до авторських розробок, нейромережевого моделювання та верифікації результатів.

У першому розділі здобувач аналізує класифікації екзогенних геологічних процесів і введено поняття геологічної нестійкості як інтегральної категорії геоінформаційного оцінювання. З погляду рецензента найбільш вагомими є четвертий і п'ятий розділи. У четвертому розділі розроблено та апробовано авторський плагін і застосовано його для багаторічного аналізу зон зміненого зволоження на території Заповідника. У п'ятому розділі виявлені аномалії коректно інтегровано з факторними, гідрогеологічними та деформаційними ознаками в нейромережевій моделі та виконано верифікацію результатів. Позитивним є те, що автор послідовно пов'язує модельні результати з геологічною інтерпретацією та фактичними проявами процесів.

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, дані та графічні матеріали супроводжуються коректними посиланнями на першоджерела. Наукові положення, винесені на захист, є оригінальними й ґрунтуються на власних розробках, програмній реалізації, обробці та комплексній інтерпретації фактичних геологічних, геофізичних і дистанційних даних.

Запитання та зауваження до дисертаційної роботи.

Загалом робота виконана на належному науковому рівні. Водночас за результатами ознайомлення можна висловити такі зауваження та побажання переважно дискусійного характеру:

1. Цільові класи моделі U-Net–Transformer сформовано за інтегральним індексом факторів F1–F17, які одночасно входять до ознакового простору. Автор це відверто визнає, проте бажано було б кількісно показати додану вартість моделі. Для цього варто порівняти її з базовими підходами (наприклад, U-Net без трансформерного блоку) та оцінити внесок динамічних ознак: рівнів ґрунтових вод, Deformation і Anomaly.

2. Результати незалежної верифікації карти викладено переважно якісно. Аргументацію значно посилили б кількісні показники: частка задокументованих проявів і точок InSAR у кожному класі порівняно з часткою площі цих класів, а також відсоток перекриття геофізичних аномалій із нестійкими зонами.

3. Поріг виявлення аномалій у плагіні визначається за правилом $\mu \pm k\sigma$ для всього растра. Бажано обговорити стійкість алгоритму до асиметричних розподілів і викидів, а також можливість застосування робастних оцінок (медіана, MAD) чи локального фонового вікна. Корисними були б практичні рекомендації щодо вибору коефіцієнта k для різних типів даних.

4. Межі цільових класів визначено рівноінтервальним поділом нормалізованої шкали [0; 1]. Доцільно було б навести аналіз чутливості карти до положення цих меж, оскільки фактичний діапазон індексу може бути вужчим за теоретичний.

5. Зауваження рекомендаційного типу. Модель формує ймовірнісні оцінки належності до класів, тому цікавим напрямом подальших досліджень могло б стати картографування невизначеності модельного рішення. Така карта дала б змогу цілеспрямовано планувати деталізовані обстеження в системі моніторингу Києво-Печерської лаври.

6. Автор детально обґрунтував поняття “геологічна нестійкість”, яке, на нашу думку, краще сформулювати як “нестійкість геологічного середовища”, що кращим чином відображатиме його сутність.

7. У тексті трапляються друкарські та стилістичні помилки. Наприклад: «сфомовано геоінфомраційну», «розробленого методологію» (висвітлення особистого внеску), «використовувалась модельну карту, сформована», «між модельний класом» (п. 5.4.2), «на 171 сторінках», «204 найменувань». Не всюди дотримано єдиного стилю оформлення посилань.

Наведені зауваження не знижують наукової новизни та практичної значущості результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Гудака Василя Михайловича «Моніторинг екзогенних геологічних процесів на території Києво-Печерської лаври засобами геоінформаційних систем» є завершеним самостійним науковим дослідженням. Вона містить сукупність теоретичних, методичних і практичних результатів та розв'язання актуального науково-прикладного завдання у галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 103 – Науки про Землю - організація системи моніторингу екзогенних геологічних процесів. За змістом, якістю викладу та оформленням дисертація відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами. Її автор, Гудак Василь Михайлович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 103 – Науки про Землю.

Рецензент
доктор географічних наук, професор,
професор кафедри геоінформатики,
ННІ «Інститут геології»
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
«06» 11. 2026 р.

Дмитро ЛЯШЕНКО

Підпис засвідчую
Вчений секретар ННІ
КАРАУЛЬНА
06.11.2026 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Вх. № 10-22-472
«6» 11 2026 р.