

УДК 502.51:504.5:004.8

Taras Trysnyuk¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3672-8242> **e-mail:** taras24t@gmail.com

Vladyslav Vasylenko¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8156-1894> **e-mail:** vladvasilenko9@gmail.com

Viacheslav Okhariev¹, Candidate of Technical Science, Senior Researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6270-6293> **e-mail:** okhariev.vo@gmail.com

Iryna Borodkina² Candidate of Technical Sciences, Associate professor of Computer Science department

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3667-3728> **e-mail:** i.borodkina@nubip.edu.ua

¹Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²National University of Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

REMOTE RESEARCH METHODS FOR ASSESSING THE IMPACT OF RUSSIA'S ARMED AGGRESSION ON THE ECOLOGICAL SECURITY OF NATURAL RESERVED AREAS

***Abstract.** The article is devoted to solving a pressing scientific and practical problem, which consists in developing and implementing information technology for remote and geoinformation monitoring of nature reserves in Ukraine in conditions of military operations. The research is aimed at increasing the reliability of assessing environmental losses, detecting mechanical damage to landscapes, temperature anomalies, fire centers, hydrological disturbances and structural changes in the earth's surface. The work uses optical and radar satellite data, index analysis, multi-temporal composites, digital terrain models and machine learning algorithms. The proposed conceptual model of an integrated system allows for spatio-temporal analysis, generating analytical maps and supporting decision-making on the preservation and post-war restoration of natural ecosystems. The results obtained confirm the significant scale of degradation of protected areas and the need for systematic satellite monitoring as a tool for the evidence base of environmental losses. The work uses a set of satellite data of different spatial and spectral resolutions. Optical images of Sentinel-2, Landsat-8/9, PlanetScope and WorldView allowed to perform an analysis of vegetation cover, to detect traces of mechanical damage and burns. Radar data of Sentinel-1 and ICEYE provided monitoring regardless of weather conditions.*

The mathematical apparatus of the study involves the use of classification algorithms of machine learning for automated selection of damaged areas. Spatio-temporal dynamics were analyzed by comparing multi-temporal composites.

Keywords: information technologies, remote sensing of the Earth, geographic information systems, nature reserves, military operations, environmental security, satellite monitoring, automated system, modeling accuracy, post-war recovery, communication channels.

Т.В. Триснюк¹, В.М. Василенко¹, В.О. Охарєв¹, І.Л. Бородкіна²

¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЇ НА ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ

***Анотація.** Стаття присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання, що полягає у розробленні та впровадженні інформаційної технології дистанційного та геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій України в умовах воєнних дій. Дослідження спрямоване на підвищення достовірності оцінювання екологічних втрат, виявлення механічних руйнувань ландшафтів, температурних аномалій, пожежних осередків, гідрологічних порушень та структурних змін земної поверхні. У роботі використано оптичні та радіолокаційні супутникові дані, індексний аналіз, багаточасові композити, цифрові моделі рельєфу та алгоритми машинного навчання. Запропонована концептуальна модель інтегрованої системи дозволяє здійснювати просторово-часовий аналіз, формувати аналітичні карти та підтримувати прийняття рішень щодо збереження й післявоєнного відновлення природних екосистем. Отримані результати підтверджують значний масштаб деградації заповідних територій та необхідність системного супутникового моніторингу як інструменту доказової бази екологічних втрат. У роботі використано комплекс супутникових даних різної просторової та спектральної роздільної здатності. Оптичні знімки Sentinel-2, Landsat-8/9, PlanetScope та WorldView дозволили виконати аналіз рослинного покриву, виявити сліди механічних руйнувань та згаріщ. Радіолокаційні дані Sentinel-1 та ICEYE забезпечили моніторинг незалежно від погодних умов.*

Математичний апарат дослідження передбачає використання класифікаційних алгоритмів машинного навчання для автоматизованого виділення пошкоджених ділянок. Просторово-часова динаміка аналізувалася шляхом порівняння багаточасових композитів.

***Ключові слова:** інформаційні технології, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи, природно-заповідні території, воєнні дії, екологічна безпека, супутниковий моніторинг, автоматизована система, точність моделювання, повоєнне відновлення, канали зв'язку.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1.171-178>

Вступ

Повномасштабна збройна агресія російської федерації проти України спричинила безпрецедентний негативний вплив на природно-заповідний фонд держави. Значна частина заповідників і національних природних парків опинилася в зоні активних бойових дій або тимчасової окупації, що унеможливило проведення традиційного наземного екологічного контролю. У таких умовах особливого значення набувають дистанційні методи дослідження, які забезпечують оперативне отримання об'єктивної інформації про стан територій незалежно від доступності місцевості.

Природно-заповідні території є ключовими елементами екологічної мережі України, виконують функції збереження біорізноманіття, підтримання гідрологічного режиму, стабілізації кліматичних процесів та забезпечення екосистемних послуг. Їх пошкодження має довготривалі наслідки не лише для локальних екосистем, а й для регіональної екологічної безпеки.

В умовах воєнних дій виникла необхідність створення інтегрованої інформаційної системи, здатної поєднувати супутникові спостереження, геоінформаційний аналіз та алгоритми штучного інтелекту для комплексної оцінки масштабів деградації природних територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світовий та вітчизняний досвід підтверджує високу ефективність застосування супутникових технологій для моніторингу екологічних катастроф, техногенних аварій, масштабних пожеж, повеней, гідрологічних порушень та наслідків воєнних конфліктів. Активний розвиток космічних програм Sentinel, Landsat, WorldView, PlanetScope, а також радіолокаційних платформ Sentinel-1, ICEYE, Capella суттєво розширив можливості оперативного аналізу змін земної поверхні, особливо в умовах обмеженого доступу до територій, що зазнали руйнувань.

Комплексні геоінформаційні дослідження водних екосистем України, виконані під керівництвом О.М. Трофимчука та за участю В.М. Триснюка, Є.С. Анпілової, О.С. Бутенка, В.Ю. Вишнякова, сформуvalи сучасну концепцію просторово-часового моніторингу водних систем із застосуванням геоінформаційних моделей і прогнозних сценаріїв. У цих роботах підкреслюється значення багатопланової інтеграції даних для оцінювання екологічної безпеки територій [2-4, 7].

Методологічні засади сучасного дистанційного моніторингу природних процесів та катастрофічних явищ були сформовані у працях українських і зарубіжних дослідників. Значний внесок у розвиток екологічного моніторингу річкових долин та територій із катастрофічними паводками зроблено О.М. Адаменком та Д.О. Зоріним, які у рамках досліджень Дністровського протипаводкового полігону обґрунтували необхідність комплексного використання геоінформаційних технологій і даних дистанційного зондування для оцінки екологічного стану територій у кризових умовах [1, 5].

Значний внесок у розвиток космічного моніторингу безпеки водних систем зробив Г.Я. Красовський, який обґрунтував використання геоінформаційних технологій для оцінки стану водних об'єктів та їх захисту від техногенного впливу. Його дослідження заклали основу для впровадження комплексних систем екологічного моніторингу на державному рівні [8].

Сучасні підходи до обробки супутникових даних передбачають використання спектральних індексів для оцінювання стану рослинності, вологості ґрунтів і поверхневих вод, аналіз текстурних характеристик зображень, багаточасове порівняння сцен, а також застосування алгоритмів машинного навчання, зокрема Random Forest, Support Vector Machine та глибоких нейронних мереж типу U-Net. Дослідження у сфері оцінювання достовірності інформації в умовах невизначеності, виконані С. Зайцевим, В. Василенком, В. Триснюком та Т. Триснюком, розширили можливості адаптивного аналізу великих масивів даних у складних інформаційних середовищах, що є особливо актуальним для моніторингу територій у зоні бойових дій [6].

Таким чином, накопичений науковий доробок у галузі дистанційного зондування Землі, геоінформаційного моделювання та аналізу екологічних ризиків створює міцну теоретико-методологічну основу для дослідження впливу збройної агресії на природно-заповідні території. Водночас специфіка воєнних впливів вимагає подальшої адаптації існуючих методик до умов неповноти даних, складних атмосферних явищ, наявності димових завіс, руйнування інфраструктури та високої динаміки просторових змін. Саме ці обставини обумовлюють необхідність розроблення інтегрованих інформаційних технологій, що поєднують дистанційний моніторинг, геоінформаційний аналіз і системи підтримки прийняття рішень для забезпечення екологічної безпеки держави в умовах воєнних викликів.

Метою роботи є розроблення науково-методичних засад і програмно-аналітичного інструментарію для оцінки впливу збройної агресії на екологічну безпеку природно-заповідних територій із застосуванням дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- здійснити просторово-часовий аналіз температурних аномалій;
- виявити механічні руйнування ландшафтів та інженерні фортифікації;
- оцінити зміни земельного покриву;
- побудувати інтегровану ГИС-модель воєнних екозмін;
- сформувати доказову картографічну базу екологічних втрат.

Об'єктом дослідження є процес інформаційних технологій для оцінки впливу збройної агресії на екологічну безпеку природно-заповідних територій.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розроблення інформаційної технології дистанційного оцінювання впливу збройної агресії на екологічну безпеку природно-заповідних територій ґрунтується на системному підході до аналізу довкілля як складної багаторівневої природно-антропогенної системи, що функціонує у просторі та часі. У межах запропонованої концепції природно-заповідна територія розглядається як динамічний об'єкт спостереження, стан якого визначається сукупністю біофізичних, гідрологічних, ландшафтних та біотичних характеристик, що перебувають у взаємозв'язку та взаємозалежності.

У довоєнний період така система функціонує у відносно стабільному режимі, що характеризується сезонною циклічністю, природними флуктуаціями та адаптивними механізмами саморегуляції. Збройна агресія виступає потужним зовнішнім деструктивним фактором, який порушує усталені екологічні зв'язки, трансформує структуру ландшафтів та спричиняє незворотні зміни у функціонуванні екосистем. Бойові дії, артилерійські обстріли, мінування, переміщення важкої техніки, створення фортифікаційних споруд, руйнування гідротехнічних об'єктів та пожежі формують комплексний вплив, що має як прямі, так і опосередковані наслідки [2, 3].

У зв'язку з цим виникає необхідність формування інформаційної моделі території, яка дозволяє відобразити її стан до початку воєнних дій, у процесі активної фази конфлікту та на етапі післявоєнної трансформації. Така модель будується на основі інтеграції багатоспектральних супутникових зображень, радіолокаційних даних, цифрових моделей рельєфу, картографічних матеріалів та статистичних показників.

На першому етапі здійснюється формування базового екологічного профілю території, який відображає природні межі ландшафтів, структуру рослинного покриву, гідрографічну мережу, типи ґрунтів та просторовий розподіл біотопів. Цей профіль є еталонним станом, з яким порівнюються подальші зміни. Базовий стан визначається шляхом аналізу архівних супутникових даних за декілька років до початку активної фази бойових дій, що дозволяє врахувати природну міжрічну мінливість.

Другий етап передбачає фіксацію та локалізацію воєнно зумовлених змін. Для цього застосовується багаточасовий аналіз знімків, який дозволяє ідентифікувати ділянки, що зазнали деградації. Зміни рослинного покриву проявляються у зменшенні щільності біомаси, зміні спектральних характеристик або повному знищенні рослинності. Такі ділянки чітко виділяються на багатоспектральних зображеннях та можуть бути класифіковані як зони пожеж або механічних руйнувань.

Механічні пошкодження ландшафту мають специфічні морфологічні ознаки, пов'язані з порушенням мікрорельєфу та структури ґрунтового покриву. Створення окопів, траншей, укриттів для техніки та інших інженерних споруд формує характерні лінійні та полігональні структури, що добре ідентифікуються на знімках високої роздільної здатності. Пересування важкої техніки спричиняє ущільнення ґрунту та появу слідів, які зберігаються тривалий час і впливають на подальше відновлення рослинності.

Пожежна активність аналізується через просторову концентрацію термічних аномалій та зміну кольорових характеристик поверхні. У воєнний період кількість пожеж значно перевищує довоєнні показники, що свідчить про їх антропогенне походження. Масові пожежі призводять до втрати біорізноманіття, руйнування місць гніздування птахів, знищення рідкісних рослинних угруповань та змін у трофічних ланцюгах.

Особливе значення має аналіз гідрологічних змін, оскільки руйнування гідротехнічних споруд та порушення водообміну впливають на великі території. Підтоплення прибережних зон, зміна солоності води та надходження забруднюючих речовин формують вторинні екологічні ефекти. Дистанційні методи дозволяють оцінити зміну площ водного дзеркала, визначити зони підтоплення та встановити напрямки трансформації водно-болотних екосистем.

Важливою складовою є просторово-часова агрегація отриманих даних. Кожна територіальна одиниця отримує комплексну характеристику ступеня пошкодження, яка враховує інтенсивність пожеж, площу механічних руйнувань, зміну рослинності та гідрологічні трансформації. Такий підхід дозволяє сформуванню карти екологічного ризику та виділити пріоритетні зони для відновлювальних заходів.

Для забезпечення достовірності аналізу використовується перехресна перевірка різних джерел інформації. Дані оптичних сенсорів зіставляються з радіолокаційними, що дозволяє зменшити вплив атмосферних умов та хмарності. Багаточасові композити дозволяють врахувати сезонну мінливість та виключити природні фактори, не пов'язані з воєнними діями [6].

Інтелектуальні алгоритми класифікації автоматизують процес обробки великих масивів даних. Моделі машинного навчання навчаються на вибірках, сформованих експертним шляхом, і надалі застосовуються до всієї території дослідження. Це дозволяє забезпечити оперативність отримання результатів та мінімізувати суб'єктивний фактор.

Особливу увагу приділено формуванню інтегрованої геоінформаційної бази, яка акумулює всі результати аналізу. База даних містить шари пошкоджень різного типу, що можуть бути комбіновані для проведення комплексного аналізу. Кожен шар має атрибутивну інформацію щодо дати фіксації, площі пошкодження та типу впливу.

Висновки

У результаті виконаного дослідження сформовано науково обґрунтовану концепцію дистанційної оцінки впливу збройної агресії на екологічну безпеку природно-заповідних територій України, що базується на інтеграції багатоспектральних оптичних, радіолокаційних та термічних супутникових даних з геоінформаційними методами аналізу просторово-часових змін. Запропонований підхід дозволяє розглядати природно-заповідні території як складні динамічні системи, стан яких трансформується під впливом воєнних дій, і забезпечує кількісне та якісне оцінювання масштабів цієї трансформації.

Застосування багаточасових супутникових композитів дозволило відокремити природну сезонну мінливість від антропогенних змін та встановити причинно-наслідкові зв'язки між військовою активністю і деградацією екосистем.

У процесі дослідження підтверджено, що воєнні дії призводять до значного зростання фрагментації природних ландшафтів, зниження продуктивності екосистем, порушення структури біотопів та втрати біорізноманіття. Особливо вразливими виявилися прибережні та водно-болотні екосистеми, де поєднання механічних руйнувань і гідрологічних трансформацій формує довготривалі негативні наслідки. Отримані результати свідчать про те, що масштаб екологічних змін має системний характер і виходить за межі локальних пошкоджень, впливаючи на регіональні природні комплекси.

Інтеграція супутникових даних різної фізичної природи забезпечила підвищення достовірності оцінювання стану довкілля. Наукова новизна дослідження полягає у створенні інтегрованої інформаційної моделі воєнно зумовлених екологічних змін, що поєднує багатоспектральний аналіз, просторово-часове моделювання та елементи систем підтримки прийняття рішень. Запропонована модель дозволяє не лише фіксувати факт пошкодження, але й оцінювати інтенсивність, просторові межі та потенційні довгострокові наслідки деградації природних комплексів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості формування доказової бази екологічних збитків, підготовки аналітичних карт для органів державної влади та природоохоронних установ, а також розроблення рекомендацій щодо післявоєнного відновлення екосистем. Інтеграція результатів дистанційного моніторингу до систем підтримки прийняття рішень створює передумови для впровадження багатокритеріального аналізу ризиків, прогнозування сценаріїв відновлення та оптимізації управлінських рішень.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з удосконаленням алгоритмів автоматичного розпізнавання пошкоджень, розширенням спектра використаних супутникових сенсорів, залученням безпілотних літальних апаратів для високоточного локального обстеження та розробленням економічних моделей оцінки екологічних збитків. Розвиток інтегрованих інформаційних систем екологічного моніторингу є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки держави в умовах сучасних викликів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Адаменко, О. М., & Зорін, Д. О. (2018). *Стан довкілля у річкових долинах з катастрофічними паводками. Перший етап екологічних досліджень на Дністровському протипаводковому полігоні (2012–2018 рр.)*. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ.
2. Trysnyuk, T., Trysnyuk, V., Okhariev, V., Shumeiko, A., & Nikitin, A. (2018). Cartographic model of Dniester river basic probable flooding. *Series D: Geology and Environmental Engineering*, 32(1), 51–55. <https://doi.org/10.37193/SBSD.2018.1.07> https://www.researchgate.net/publication/352110103_cartographic_models_of_dniester_river_basin_probable_flooding
3. Трофимчук, О. М., Триснюк, В. М., Анпілова, Є. С., Бутенко, О. С., Вишняков, В. Ю., Загородня, С. А., Клименко, В. І., Красовська, І. Г., Крета, Д. Л., Миронцов, М. Л., Охарев, В. О., Попова, М. А., Радчук, І. В., Триснюк, Т. В., Шевякіна, Н. А., & Шумейко, В. О. (2022). *Геоінформаційні дослідження водних екосистем України: моніторинг та прогнозування*. Івано-Франківськ: Супрун В. П.
4. Адаменко, О. М., & Зоріна, Н. О. (2015). *Методологія та організація наукових досліджень в екології*. Івано-Франківськ: Супрун В. П.
5. Trysnyuk, V., Trysnyuk, T., Nikitin, A., Kurylo, A., & Demydenko, O. (2021). Geomodels of space monitoring of water bodies. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 280, 09016). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128009016> https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/56/e3sconf_icsf2021_09016.pdf
6. Zaitsev, S., Vasylenko, V., Trysnyuk, V., & Trysnyuk, T. (2023). Adaptive method for assessing information reliability under uncertainty for 5G and IoT systems. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems*, November 22–24, 2023, Ternopil, Ukraine. <https://ceur-ws.org/Vol-3628/paper2.pdf>
7. Анпілова, Є. С., Волошкіна, О. С., & Трофимчук, О. М. (2008). ГІС/ДЗЗ технології при веденні моніторингу в басейні прикордонної р. Сіверський Донецьк. *Екологічна безпека та природокористування*, 2, 170–177.
8. Красовський, Г. Я. (2008). *Космічний моніторинг безпеки водних систем з застосуванням геоінформаційних технологій*. Київ: Інтертехнологія.

Стаття надійшла до редакції 06.01.26, надійшла після рецензування 06.02.26, прийнята 02.03.26

REFERENCES

1. Adamenko, O. M., & Zorin, D. O. (2018). *Stan dovkillia u richkovykh dolynakh z katastrofichnymu pavodkamy. Pershyi etap ekolohichnykh doslidzhen na Dnistrovskomu protypavodkovomu polihoni (2012–2018 rr.)* [Environmental conditions in river valleys with catastrophic floods. The first stage of environmental research at the Dniester anti-flood testing site (2012–2018)]. Ivano-Frankivsk: IFNTUOG. [in Ukrainian]
2. Trysnyuk, T., Trysnyuk, V., Okhariev, V., Shumeiko, A., & Nikitin, A. (2018). Cartographic model of Dniester river basic probable flooding. *Series D: Geology and Environmental Engineering*, 32(1), 51–55. <https://doi.org/10.37193/SBSD.2018.1.07> https://www.researchgate.net/publication/352110103_cartographic_models_of_dniester_river_basin_probable_flooding
3. Trofymchuk, O. M., Trysnyuk, V. M., Anpilova, Ye. S., Butenko, O. S., Vyshniakov, V. Yu., Zahorodnia, S. A., Klymenko, V. I., Krasovska, I. H., Kreta, D. L., Myrontsov, M. L., Okhariev, V. O., Popova, M. A., Radchuk, I. V., Trysnyuk, T. V., Sheviakina, N. A., & Shumeiko, V. O. (2022). *Heoinformatsiini doslidzhennia vodnykh ekosystem Ukrainy: monitorynh ta prohnozuvannia* [Geoinformation studies of water ecosystems of Ukraine: Monitoring and forecasting]. Ivano-Frankivsk: Suprun V. P. [in Ukrainian]

4. Adamenko, O. M., & Zorina, N. O. (2015). *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen v ekolohii* [Methodology and organization of scientific research in ecology]. Ivano-Frankivsk: Suprun V. P. [in Ukrainian]
5. Trysnyuk, V., Trysnyuk, T., Nikitin, A., Kurylo, A., & Demydenko, O. (2021). Geomodels of space monitoring of water bodies. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 280, 09016). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128009016>
https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/56/e3sconf_icsf2021_09016.pdf
6. Zaitsev, S., Vasylenko, V., Trysnyuk, V., & Trysnyuk, T. (2023). Adaptive method for assessing information reliability under uncertainty for 5G and IoT systems. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems*, November 22–24, 2023, Ternopil, Ukraine. <https://ceur-ws.org/Vol-3628/paper2.pdf>
7. Anpilova, Ye. S., Voloshkina, O. S., & Trofymchuk, O. M. (2008). GIS/RS technologies for monitoring in the basin of the transboundary Siverskyi Donets River. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 2, 170–177. [in Ukrainian]
8. Krasovskyi, H. Ya. (2008). *Kosmichniy monitorynh bezpeky vodnykh system z zastosuvanniam heoinformatsiinykh tekhnolohii* [Space monitoring of water system safety using geoinformation technologies]. Kyiv: Intertekhnolohiia. [in Ukrainian]

The article was received 06.01.26, received after revision 06.02.26, accepted 02.03.26

Триснюк Тарас Васильович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу прикладної інформатики Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3672-8242> **e-mail:** taras24t@gmail.com

Василенко Владислав Михайлович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу інформаційних та комунікаційних технологій Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8156-1894> **e-mail:** vladvasilenko9@gmail.com

Охарєв Вячеслав Олександрович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу природних ресурсів Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6270-6293> **e-mail:** okhariev.vo@gmail.com

Бородкіна Ірина Лаврентіївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук, факультет інформаційних технологій, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3667-3728> **e-mail:** i.borodkina@nubip.edu.ua