

---

# МОНІТОРИНГ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

---

УДК 630\*5:502.3:004

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.4-67.33>

## СУЧАСНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНИ: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Бондарчук Ю.В., Мельник-Шамрай В.В.

Державний університет «Житомирська політехніка»

вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

[bondarchuk533@gmail.com](mailto:bondarchuk533@gmail.com), [org\\_vvm@ztu.edu.ua](mailto:org_vvm@ztu.edu.ua)

У статті здійснено комплексний аналіз сучасного стану системи моніторингу лісових екосистем України в умовах посилення антропогенного навантаження, зміни клімату та негативного впливу воєнних дій. Обґрунтовано необхідність удосконалення існуючих підходів до моніторингу лісів як важливої складової інформаційного забезпечення сталого управління лісовими ресурсами та своєчасного виявлення негативних змін у лісових екосистемах. Проаналізовано сучасний стан функціонування національної системи моніторингу лісів, особливості її організації відповідно до міжнародної програми ICP Forests, а також визначено ключові організаційні, інституційні, фінансові, технічні, методичні, кадрові та інформаційні проблеми, що обмежують ефективність її функціонування. Систематизовано сучасні методи моніторингу лісових екосистем та проведено їх порівняльну характеристику з урахуванням функціональних можливостей, переваг і обмежень практичного застосування. Розглянуто можливості використання технологій дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем, лазерного сканування (LiDAR), сенсорних мереж, автоматизованих систем збору даних і методів штучного інтелекту для підвищення оперативності, достовірності та просторової деталізації оцінювання стану лісових насаджень. Особливу увагу приділено інтеграції різномірних джерел даних у єдину інформаційно-аналітичну систему, що забезпечує комплексне оцінювання стану лісових екосистем, своєчасне виявлення негативних процесів та науково обґрунтовану підтримку прийняття управлінських рішень. Встановлено, що подальший розвиток системи моніторингу лісових екосистем України має ґрунтуватися на комплексному впровадженні сучасних цифрових технологій, гармонізації національної системи з міжнародними стандартами, розвитку національної інвентаризації лісів і формуванні єдиного інформаційного простору моніторингових даних. Реалізація запропонованих підходів сприятиме підвищенню ефективності управління лісовими ресурсами, забезпеченню екологічної безпеки, збереженню біорізноманіття та реалізації принципів сталого розвитку лісового господарства України. *Ключові слова:* лісові екосистеми, моніторинг лісів, національна інвентаризація лісів, цифрові технології, стаке управління лісами.

**Modern methods of monitoring forest ecosystems in Ukraine: current state, challenges and development prospects.**  
**Bondarchuk Yu., Melnyk-Shamrai V.**

The article presents a comprehensive analysis of the current state of the forest ecosystem monitoring system in Ukraine under conditions of increasing anthropogenic pressure, climate change, and the adverse impacts of military activities. The necessity of improving existing approaches to forest monitoring is substantiated as an essential component of the information support system for sustainable forest resource management and the timely detection of negative changes in forest ecosystems. The current state of the national forest monitoring system is analysed, including the specific features of its organisation in accordance with the international ICP Forests programme. The study also identifies the key organisational, institutional, financial, technical, methodological, human resource, and information-related challenges that constrain the effective functioning of the monitoring system. Modern methods of forest ecosystem monitoring are systematised, and their comparative analysis is carried out with regard to their functional capabilities, advantages, and limitations in practical application. The potential of remote sensing technologies, geographic information systems (GIS), LiDAR, sensor networks, automated data acquisition systems, and artificial intelligence methods for improving the efficiency, reliability, and spatial resolution of forest condition assessment is examined. Particular attention is paid to the integration of heterogeneous data sources into a unified information and analytical system, enabling comprehensive assessment of forest ecosystem conditions, timely detection of adverse processes, and scientifically grounded support for forest management decision-making. The study demonstrates that the further development of the forest ecosystem monitoring system in Ukraine should be based on the integrated implementation of modern digital technologies, harmonisation of the national monitoring system with international standards, further development of the National Forest Inventory, and the establishment of a unified information environment for forest monitoring data. The implementation of the proposed approaches will contribute to more effective forest resource management, enhanced environmental safety, biodiversity conservation, and the implementation of the principles of sustainable forest management in Ukraine. *Key words:* forest ecosystems; forest monitoring; National Forest Inventory; digital technologies; sustainable forest management.



© Бондарчук Ю.В., Мельник-Шамрай В.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

**Постановка проблеми.** Лісове господарство України в сучасних умовах стикається з комплексом викликів, подолання яких неможливе в межах традиційних підходів до ведення галузі. До них належать наслідки зміни клімату, військові дії та їх вплив на лісові території, необхідність посилення контролю за незаконними вирубками, зростання частоти та масштабів лісових пожеж, а також збереження біорізноманіття. Водночас лісове господарство залишається однією з ключових галузей економіки України, забезпечуючи значні обсяги надходжень до бюджету, що обчислюються десятками мільярдів гривень щорічно [1]. Саме тому виникає необхідність підвищення ефективності управління лісовими ресурсами та, відповідно, покращення якості інформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень.

За таких умов існуюча система моніторингу лісів виявляється недостатньо результативною, оскільки не забезпечує отримання своєчасних, повних і достовірних даних про стан лісових екосистем. Як наслідок, обмежується можливість оперативного реагування на негативні зміни та формування обґрунтованих управлінських рішень. У зв'язку з цим виникає об'єктивна необхідність перегляду існуючих підходів до моніторингу та переходу до використання новітніх методів і технологій, здатних забезпечити підвищення точності, оперативності та комплексності оцінювання стану лісів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Ліси України є критично важливим природним ресурсом, що виконує ключові екологічні, економічні та соціальні функції. Вони відіграють фундаментальну роль у регулюванні водного балансу, захисті ґрунтів від ерозії, підтримці біорізноманіття та секвестрації вуглекислого газу, що безпосередньо впливає на пом'якшення наслідків глобальних змін клімату [2].

Загальна площа лісового фонду України становить 10,4 млн га, з яких лісовою рослинністю вкрито 9,6 млн га, що відповідає рівню лісистості близько 15,9 %. Більшість лісів перебуває у державній власності, проте значна частка (близько 13 %) належить до комунальної власності [3]. Лісові екосистеми надають широкий спектр екосистемних послуг: регулюючі (клімат, очищення повітря), постачальні (деревина), культурні (рекреація) та підтримуючі [4]. Незважаючи на високу екологічну цінність, стан лісів в Україні в останні десятиліття значно погіршився під впливом комплексу природних та антропогенних чинників.

Однією з найбільш гострих проблем є прогресуюче засихання лісових насаджень, насамперед хвойних [5]. Таке явище безпосередньо пов'язане зі зміною кліматичних умов, зокрема підвищенням середньорічних температур, збільшенням тривалості посушливих періодів та зниженням рівня ґрунтових вод. У сукупності ці фактори призводять до ослаблення деревостанів, зниження їх стійкості до

зовнішніх впливів та підвищення вразливості до біотичних чинників.

Кліматичні зміни створюють сприятливі умови для масового розмноження шкідників і поширення хвороб лісу. Зокрема, значної шкоди завдає верхівковий короїд, який уражає ослаблені соснові насадження та спричиняє їх масове відмирання. Поширення таких шкідників має характер епіфітотії і є одним із ключових факторів деградації лісових екосистем [6-8].

Суттєвий негативний вплив на стан лісових екосистем чинять антропогенні фактори, інтенсивність яких останніми десятиліттями невпинно зростає. Однією з найбільш серйозних загроз залишається незаконна вирубка лісів, яка призводить до скорочення площ лісових насаджень, порушення вікової та породної структури деревостанів, деградації природних біотопів і втрати цінних оселищ для багатьох видів флори та фауни [9, 10]. Несанкціоноване вилучення деревини часто супроводжується пошкодженням ґрунтового покриву, ущільненням ґрунтів та порушенням природних процесів лісовідновлення, що ускладнює відновлення екосистем після господарського втручання. В Україні проблема незаконних рубок залишається актуальною, а за даними громадських екологічних організацій у 2024 році зафіксовано зростання обсягів незаконно заготовленої деревини більш ніж на 30 % порівняно з попереднім роком [11]. Вирубка та деградація лісів розглядаються міжнародними організаціями як одні з основних причин втрати біорізноманіття та посилення змін клімату. За оцінками ФАО, у світі протягом 1990–2020 років було втрачено близько 420 млн га лісів, що суттєво вплинуло на стан природних екосистем та їхню здатність підтримувати біологічне різноманіття [19].

Значну небезпеку для лісових екосистем становить також забруднення довкілля промисловими відходами та викидами підприємств. Потрапляння у природне середовище важких металів, нафтопродуктів, кислотних сполук та інших токсичних речовин призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунтів, пригнічення росту деревної рослинності, зниження стійкості лісів до хвороб і шкідників [12–14].

Лісові пожежі є одним із найбільш небезпечних чинників деградації лісових екосистем, оскільки спричиняють знищення рослинного покриву, загибель тварин, зменшення біорізноманіття, погіршення властивостей ґрунтів та порушення процесів природного відновлення лісів. Крім того, пожежі призводять до значних викидів вуглецю в атмосферу та зниження здатності лісів виконувати кліматорегулюючу функцію [15–18].

Для України проблема збереження лісових ресурсів набуває особливої актуальності, оскільки поряд із традиційними антропогенними чинниками, такими як незаконні рубки, забруднення довкілля та фрагментація лісових масивів, значний негативний

вплив на лісові екосистеми чинять наслідки воєнних дій [20–24]. Збройна агресія супроводжується масштабними лісовими пожежами, руйнуванням природних оселищ, забрудненням і мінуванням територій, що порушує природні процеси відновлення лісів та призводить до втрати біорізноманіття. Сукупна дія природних і антропогенних факторів спричиняє погіршення санітарного стану насаджень, зниження екологічної стійкості лісових екосистем та їх здатності виконувати важливі природоохоронні функції. У зв'язку з цим особливого значення набуває вдосконалення системи моніторингу лісів та впровадження сучасних методів оцінювання їхнього стану, що забезпечить своєчасне виявлення негативних змін і підвищення ефективності природоохоронних заходів.

Питання моніторингу стану лісових екосистем є одним із пріоритетних напрямів сучасних екологічних досліджень, що пов'язано зі зростанням антропогенного навантаження, зміною клімату та необхідністю забезпечення сталого управління лісовими ресурсами. Аналіз наукових праць свідчить, що традиційні методи оцінювання стану лісів, засновані переважно на польових спостереженнях, залишаються важливою складовою моніторингу, проте дедалі частіше доповнюються сучасними цифровими технологіями та методами математичного моделювання [25, 26].

Окремий напрям досліджень присвячений аналізу репрезентативності мережі моніторингових ділянок та оцінці достовірності отриманих результатів. Зокрема, встановлено, що ефективність моніторингу значною мірою залежить від просторової структури мережі спостережень та її відповідності міжнародним стандартам [27]. Водночас низка авторів відзначає, що існуючі системи моніторингу часто характеризуються недостатньою щільністю пунктів спостереження, обмеженим фінансуванням та значними часовими витратами на збір польових даних, що знижує оперативність реагування на негативні зміни у лісових екосистемах [26].

Суттєва увага в сучасних дослідженнях приділяється використанню технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем. Доведено, що супутникові дані програм Landsat, Sentinel та MODIS забезпечують можливість оперативного виявлення змін лісового покриву, оцінювання наслідків пожеж, незаконних рубок, поширення шкідників і впливу кліматичних чинників на стан лісів. У роботі [28] продемонстровано ефективність супутникового моніторингу для оцінювання глобальних змін лісового покриву, тоді як автори [29] обґрунтували доцільність інтеграції даних дистанційного зондування з результатами наземних спостережень. В умовах України особливої актуальності такі підходи набули після початку повномасштабних воєнних дій, коли доступ до значної частини лісових територій став обмеженим або неможливим.

Попри значну кількість досліджень, питання інтеграції польових спостережень, геоінформаційних технологій, дистанційного зондування та математичного моделювання в єдину систему оцінювання стану лісових екосистем залишається недостатньо опрацьованим. Більшість існуючих робіт зосереджена на окремих методах моніторингу, тоді як комплексне використання різномірних джерел даних для прогнозування стану лісів та підтримки управлінських рішень потребує подальшого розвитку. Саме тому актуальним є дослідження можливостей використання сучасних методів моніторингу та моделювання для комплексної оцінки стану лісових екосистем, підвищення точності виявлення негативних змін та забезпечення науково обґрунтованого управління лісовими ресурсами в умовах сучасних екологічних викликів.

**Мета статті** полягає в аналізі сучасного стану системи моніторингу лісових екосистем, виявленні основних проблем її функціонування та обґрунтуванні перспектив розвитку сучасних методів моніторингу для підвищення ефективності оцінювання стану лісових екосистем в умовах сучасних екологічних викликів. Об'єкт дослідження – процес моніторингу стану лісових екосистем. Предмет дослідження – сучасні методи моніторингу лісових екосистем, особливості їх застосування, проблеми впровадження та перспективи розвитку в Україні.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у систематизації сучасних методів моніторингу лісових екосистем, узагальненні основних проблем функціонування системи моніторингу лісів України та обґрунтуванні перспективних напрямів її розвитку на основі комплексного використання технологій дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем, лазерного сканування, сенсорних технологій та штучного інтелекту для підвищення точності, оперативності й інформаційної цінності оцінювання стану лісових екосистем. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропоновані підходи можуть бути використані органами державного управління, лісгосподарськими підприємствами, науковими установами та природоохоронними організаціями для вдосконалення системи моніторингу лісів, підвищення дієвості прийняття управлінських рішень, своєчасного виявлення негативних змін у лісових екосистемах та планування заходів щодо їх збереження і відновлення.

**Методика дослідження.** У процесі дослідження використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів. Застосовано методи аналізу, синтезу, порівняння та узагальнення наукових джерел для дослідження сучасного стану моніторингу лісів в Україні та світі. Для оцінювання структури та особливостей функціонування системи моніторингу лісів використано системний підхід. Метод порівняльного аналізу застосовано для дослідження традиційних і сучасних технологій моніторингу

лісових екосистем. Для обґрунтування перспектив використання цифрових технологій використано методи структурно-логічного аналізу, систематизації та моделювання, а також опрацьовано результати національних та міжнародних програм моніторингу лісів.

**Виклад основного матеріалу.** Згідно з Лісовим кодексом України [30], моніторинг лісів – це система регулярного спостереження, оцінки і прогнозу динаміки кількісного і якісного стану лісів, що проводиться шляхом збирання, передавання, збереження та аналізу інформації про стан лісів, прогнозування змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для інформаційно-аналітичного забезпечення управління лісами, прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану лісів, дотримання вимог екологічної безпеки та принципів ведення лісового господарства на засадах сталого розвитку.

Завдяки існуванню міжнародної програми ICP Forests (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), що функціонує в рамках United Nations Economic Commission for Europe та спрямована на довгостроковий моніторинг стану лісів і оцінку впливу забруднення повітря на лісові екосистеми, було сформовано уніфіковані підходи до збору та аналізу інформації про стан лісів [31]. Практична реалізація положень цієї програми передбачає створення мережі постійних пробних площ, на яких здійснюються регулярні спостереження за станом лісових насаджень, а також застосування стандартизованих показників оцінки, зокрема рівня дефоліації, дехромації та інших індикаторів життєздатності дерев.

З метою детального розуміння структури системи моніторингу лісів, сформованої відповідно до вимог програми ICP Forests, доцільно розглянути особливості її двох основних рівнів – екстенсивного (Level I) та інтенсивного (Level II) (табл. 1). Кожен

із цих рівнів має різне функціональне призначення, просторове охоплення та глибину досліджень, що визначає їх роль у формуванні інформаційної бази для управління лісовими ресурсами.

Порівняльний аналіз рівнів моніторингу свідчить про їх взаємодоповнювальний характер: екстенсивний рівень забезпечує широке територіальне охоплення та формує загальне уявлення про стан лісових ресурсів, тоді як інтенсивний рівень дозволяє виявляти причинно-наслідкові зв'язки змін у лісових екосистемах на основі детальних спостережень. Водночас дисбаланс у розвитку цих рівнів в Україні, зокрема недостатня реалізація інтенсивного моніторингу, суттєво обмежує можливості комплексного аналізу екологічних процесів. Це призводить до ситуації, коли наявні дані дозволяють фіксувати зміни, але не дають змоги повною мірою пояснити їх причини та прогнозувати подальший розвиток екосистем. Отже, для підвищення ефективності національної системи моніторингу лісів необхідним є посилення інтенсивного рівня спостережень та забезпечення його інтеграції з екстенсивним рівнем, що відповідатиме підходам, закладеним у міжнародній програмі ICP Forests.

Недостатній розвиток інтенсивного рівня моніторингу є лише одним із проявів широкого комплексу проблем, що характеризують сучасний стан системи моніторингу лісів в Україні. З огляду на це доцільною є їх систематизація та аналіз. З метою комплексного розуміння причин обмеженої реалізації функціонування системи моніторингу лісів в Україні доцільно узагальнити основні проблеми за їх змістом, походженням та наслідками (табл. 2).

Представлений аналіз свідчить про комплексний характер проблем, що охоплюють організаційні, технічні та інституційні аспекти функціонування системи моніторингу. Результати свідчать про необхідність не лише удосконалення окремих елементів системи, а й її комплексної модернізації. У цьому

Таблиця 1

## Порівняльна характеристика рівнів моніторингу лісів

| Критерій                  | Рівень I (екстенсивний)         | Рівень II (інтенсивний)                        |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| Основна мета              | Загальна оцінка стану лісів     | Детальне вивчення екосистемних процесів        |
| Просторове охоплення      | Широке (національний рівень)    | Локальне (окремі ділянки)                      |
| Щільність пробних площ    | Низька                          | Висока                                         |
| Частота спостережень      | Періодична                      | Регулярна/безперервна                          |
| Перелік показників        | Обмежений (основні індикатори)  | Розширений (фізіологічні, хімічні, кліматичні) |
| Рівень деталізації даних  | Середній                        | Високий                                        |
| Основне призначення       | Моніторинг загальних тенденцій  | Аналіз причин і процесів змін                  |
| Роль у системі            | Базовий рівень оцінки           | Поглиблений аналітичний рівень                 |
| Стан реалізації в Україні | Реалізується відносно стабільно | Має обмежений, фрагментарний характер          |

Джерело: систематизовано авторами на основі літературних джерел

Таблиця 2

## Основні проблеми системи моніторингу лісів в Україні

| Група проблем | Конкретні прояви                                              | Причини виникнення                | Наслідки для системи моніторингу       |
|---------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|
| Організаційні | децентралізація, передача функцій підприємствам               | відсутність єдиної координації    | неузгодженість методик та даних        |
| Інституційні  | відсутність стабільної звітності, порушення міжнародних вимог | слабке державне управління        | зниження довіри міжнародних партнерів  |
| Фінансові     | припинення або нестача фінансування                           | завершення державних програм      | скорочення обсягів моніторингу         |
| Технічні      | використання застарілих методів                               | повільне впровадження інновацій   | низька точність та оперативність даних |
| Методичні     | обмежений перелік показників, слабкий розвиток Level II       | неповна імплементація ICP Forests | відсутність глибокого аналізу          |
| Кадрові       | різний рівень підготовки фахівців                             | децентралізація, нестача навчання | нерівномірна якість даних              |
| Воєнні        | окупація територій, мінування, пожежі                         | військові дії                     | неможливість збору польових даних      |
| Інформаційні  | відсутність єдиної бази даних                                 | слабка цифровізація               | фрагментарність інформації             |

Джерело: систематизовано авторами на основі літературних джерел

контексті особливої актуальності набуває впровадження сучасних методів та технологій моніторингу, які здатні підвищити точність, оперативність і повноту отримання інформації про стан лісових екосистем.

Так, прийняття Закону України «Про внесення змін до Лісового кодексу України щодо національної інвентаризації лісів» (2020 р.) [32] та затвердження Порядку проведення національної інвентаризації лісів (2021 р.) [33] заклали нормативно-правову основу для відновлення системних спостережень. У межах реалізації цих документів визначено відповідальні установи, зокрема ВО «Укрдержліспроєкт» [34] та УкрНДЛГА [35], розпочато польові роботи, а також впроваджено сучасні підходи до збору даних, включаючи дистанційне зондування Землі.

Додатково, наприкінці 2025 року розпочато процес відновлення участі України в міжнародній програмі ICP Forests, що свідчить про повернення до інтеграції у міжнародну систему моніторингу лісів. Таким чином, попри наявні проблеми, формуються передумови для модернізації системи моніторингу лісів, що актуалізує необхідність впровадження сучасних методів збору та обробки інформації.

Для окреслення потенційних шляхів застосування новітніх методів моніторингу та моделювання стану лісових екосистем необхідно насамперед визначити основні засоби моніторингу, що використовуються в Україні на сучасному етапі. Першочерговим методом моніторингу є національна інвентаризація лісів (НІЛ) [36] – система вибірково-статистичних обстежень лісового фонду, спрямована на отримання обґрунтованої узагальненої інформації щодо кількісних та якісних характеристик лісів для потреб стра-

тегічного планування, ведення лісового господарства, державного лісового кадастру та моніторингу. НІЛ є визнаним інструментом оцінювання лісових ресурсів, який широко застосовується у більшості європейських країн.

Відповідно до Концепції розбудови національної інвентаризації та моніторингу лісів України [37], сформовано багаторівневу систему оцінки стану лісів, що базується на вибірково-статистичних методах та інтеграції різних джерел даних. Водночас повноцінному впровадженню НІЛ в Україні перешкоджає низка факторів, серед яких ключову роль відіграють наслідки військових дій. Значні території є тимчасово окупованими або забрудненими вибухонебезпечними предметами, що унеможливило проведення польових досліджень традиційними методами [22–24]. Це суттєво обмежує повноту отриманих даних і впливає на якість оцінювання стану лісових ресурсів.

Окрім цього, система моніторингу лісів в Україні стикається з низкою організаційних та інституційних проблем та інституційних проблем, серед яких відсутність єдиної стратегії сталого управління, корупційні ризики, недостатній рівень залучення громадськості, а також наслідки децентралізації, що призвели до передачі частини функцій безпосередньо лісгосподарським підприємствам. Як наслідок, виникають проблеми з уніфікацією методик, якістю даних та можливістю проведення комплексного аналізу.

З огляду на складність і багатокomпонентність процесу інвентаризації лісів, доцільно систематизувати його основні етапи, що дозволяє більш чітко зрозуміти організацію збору та обробки даних (табл. 3).

Таблиця 3

## Основні етапи національної інвентаризації лісів

| Етап        | Зміст робіт                                                                | Інструменти                    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Підготовчий | планування, стратифікація, формування мережі ділянок, підготовка даних ДЗЗ | ГІС, супутникові дані          |
| Польовий    | пошук ділянок, вимірювання дерев, опис рослинності, фотофіксація           | GPS, геодезичні прилади        |
| Камеральний | обробка даних, статистичний аналіз, формування звітності                   | бази даних, аналітичні системи |

Джерело: систематизовано авторами на основі літературних джерел

Представлена структура інвентаризації лісів дозволяє розглядати її як цілісний багатоступеневий процес, що включає підготовчий, польовий та камеральний етапи, кожен з яких має власні функції та інструменти реалізації. Такий підхід дає можливість не лише систематизувати процес збору та обробки даних, але й виявити ключові обмеження на кожному з етапів. Зокрема, найбільш вразливим є польовий етап, ефективність якого суттєво знижується в умовах обмеженого доступу до територій, тоді як камеральний етап потребує сучасних інструментів обробки великих масивів даних. Результати вивчення питання підкреслюють необхідність інтеграції новітніх технологій на всіх рівнях інвентаризації, що створює передумови для переходу до більш удосконаленої та автоматизованої системи моніторингу.

В умовах зростаючих викликів, таких як зміна клімату, антропогенний вплив та наслідки війни, традиційні методи моніторингу виявляються недостатніми. Це обумовлює необхідність впровадження

сучасних технологій, що дозволяють підвищити ефективність збору та обробки даних (табл. 4).

Використання сучасних технологій моніторингу дозволяє суттєво розширити можливості аналізу стану лісових екосистем, забезпечуючи як широке просторове охоплення, так і високу деталізацію даних. Водночас жодна з наведених технологій не є самодостатньою, а їх ефективність досягається лише за умови комплексного використання, яке дозволяє інтегрувати різноманітні дані та підвищити обґрунтованість управлінських рішень.

Окремої уваги заслуговує використання штучного інтелекту, який відкриває принципово нові можливості для аналізу великих масивів даних, моделювання складних екосистемних процесів та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері лісового господарства. На відміну від традиційних підходів, заснованих на обмежених вибірках та ручній обробці інформації, сучасні алгоритми дозволяють виявляти приховані закономірності, оцінювати динаміку змін та формувати прогнози розвитку лісо-

Таблиця 4

## Сучасні технології моніторингу лісів

| Технологія                                        | Основні функції                                                               | Переваги                                                                     | Обмеження                                                                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Дистанційне зондування Землі                      | отримання супутникових та аерофотознімків територій                           | велике просторове охоплення, можливість моніторингу важкодоступних територій | залежність від погодних умов, потреба в обробці великих масивів даних        |
| Лазерне сканування (LiDAR)                        | побудова тривимірних моделей лісових насаджень, оцінка структури деревостанів | висока точність, можливість детального аналізу                               | висока вартість, складність обробки                                          |
| Геоінформаційні системи                           | інтеграція, аналіз та візуалізація просторових даних                          | комплексний аналіз інформації, підтримка прийняття рішень                    | потреба у якісних вхідних даних та спеціалізованому програмному забезпеченні |
| Технології Інтернету речей                        | безперервний збір даних з датчиків та сенсорів у реальному часі               | оперативність отримання інформації, автоматизація процесів                   | потреба в інфраструктурі та енергозабезпеченні                               |
| Системи диспетчерського управління та збору даних | централізований моніторинг та управління процесами                            | інтеграція різних джерел даних, контроль у реальному часі                    | складність впровадження та обслуговування                                    |
| Штучний інтелект                                  | аналіз великих масивів даних, виявлення закономірностей та прогнозування      | автоматизація аналітики, підвищення точності прогнозів                       | залежність від якості даних, потреба у навчанні моделей                      |

Джерело: систематизовано авторами на основі літературних джерел

Таблиця 5

## Напрями використання штучного інтелекту для моніторингу лісів

| Напрямок                 | Конкретні задачі                                                   | Інструменти/методи                            | Практичний результат                    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Моніторинг стану лісів   | виявлення змін у деревостанах, пошкоджень, дефоліації, захворювань | комп'ютерний зір, аналіз супутникових знімків | своєчасне виявлення негативних процесів |
| Виявлення загроз         | ідентифікація пожеж, незаконних вирубок, деградації                | аналіз зображень, алгоритми розпізнавання     | оперативне реагування на ризики         |
| Прогнозування змін       | моделювання розвитку екосистем, оцінка впливу кліматичних факторів | машинне навчання, прогностичні моделі         | підвищення точності планування          |
| Оцінка ресурсів          | визначення запасів деревини, біомаси, вуглецю                      | аналіз даних ДЗЗ, нейромережі                 | обґрунтоване управління ресурсами       |
| Управління та планування | оптимізація заходів лісокористування та відновлення                | системи підтримки прийняття рішень            | підвищення ефективності управління      |
| Аналіз великих даних     | інтеграція даних з різних джерел (ДЗЗ, сенсори, НІЛ)               | Big Data, аналітичні платформи                | комплексне бачення стану лісів          |

Джерело: створено авторами на основі літературних джерел

вих екосистем з урахуванням множинних факторів впливу. З огляду на це доцільно систематизувати основні напрями застосування штучного інтелекту в контексті моніторингу лісів (табл. 5).

Узагальнення напрямів використання штучного інтелекту для моніторингу лісів свідчить про його ключову роль у трансформації підходів до збору, обробки та аналізу інформації про стан лісових екосистем. На відміну від традиційних методів, які здебільшого забезпечують фіксацію окремих показників у визначені моменти часу, застосування технологій штучного інтелекту дозволяє здійснювати безперервний аналіз даних, виявляти приховані закономірності та формувати обґрунтовані прогнози розвитку екосистем. Важливою перевагою є можливість інтеграції різномірних джерел інформації – результатів національної інвентаризації лісів, даних дистанційного зондування Землі, сенсорних систем та інших цифрових платформ – у єдину аналітичну систему. Такий підхід забезпечує комплексне бачення стану лісів і дозволяє підвищити якість управлінських рішень у сфері лісового господарства.

Водночас ефективність впровадження штучного інтелекту безпосередньо залежить від рівня цифровізації галузі, доступності якісних вихідних даних та наявності відповідної інфраструктури. Таким чином, його застосування слід розглядати не як окремий інструмент, а як складову інтегрованої, технологічно забезпеченої системи моніторингу, здатної адаптуватися до сучасних викликів та забезпечувати сталий розвиток лісових екосистем.

**Висновки.** Проведений аналіз засвідчив, що сучасна система моніторингу лісових екосистем України функціонує в умовах комплексного впливу природних, антропогенних та воєнних чинників, які

істотно ускладнюють отримання своєчасної, повної та достовірної інформації про стан лісових ресурсів. Встановлено, що поряд із поступовим відновленням національної системи моніторингу та інтеграцією до міжнародних програм зберігається низка організаційних, інституційних, технічних, методичних і фінансових проблем, які стримують ефективне функціонування системи.

У результаті дослідження систематизовано основні проблеми функціонування моніторингу лісів України, узагальнено сучасні технології оцінювання стану лісових екосистем та визначено їхні переваги й обмеження. Показано, що найбільш перспективним напрямом розвитку є інтеграція даних національної інвентаризації лісів, дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем, лазерного сканування, сенсорних технологій та методів штучного інтелекту в єдину інформаційно-аналітичну систему. Такий підхід забезпечує підвищення оперативності моніторингу, точності оцінювання стану лісових екосистем, можливість раннього виявлення негативних змін, прогнозування розвитку екологічних процесів і науково обґрунтованої підтримки управлінських рішень. Отримані результати свідчать, що подальша модернізація системи моніторингу лісів має здійснюватися на засадах комплексного використання сучасних цифрових технологій, гармонізації національних підходів із міжнародними стандартами та розвитку єдиної інформаційної інфраструктури. Реалізація зазначених напрямів сприятиме підвищенню ефективності управління лісовими ресурсами, зміцненню екологічної безпеки та забезпеченню сталого функціонування лісових екосистем України в умовах сучасних екологічних викликів.

## Література

1. Лісова галузь у 2024 році досягла рекордного чистого доходу в 23,7 млрд грн. URL: <https://surl.li/bgcchf> (дата звернення 07.04.2026).
2. Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Краснов В.П., Можарівська І.А., Іванюк Р.О., Весельський О.О. Екологічна безпека лісових екосистем в умовах невизначеності. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. К.: Видавничий дім «Гельветика», 2025. № 3(60). С. 124-132. DOI: [doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.23](https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.3-60.23)
3. Загальна характеристика лісів України. URL: <https://surl.li/xlqeuw> (дата звернення 07.04.2026).
4. Іванюк Р.О., Скоковський М.В., Дмитренко С.А., Мельник-Шамрай В.В. Екосистемні послуги лісових екосистем. Тези Всеукраїнської наукової конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Екологічна безпека та раціональне природокористування», 14 листопада 2024 року. Житомир: Житомирська політехніка, 2024. С. 38.
5. Кабаль М., Сухарюк Д., Зейкан М. Формування змішаних різновікових лісів як засіб адаптації до кліматичних змін. Сталій розвиток – стан та перспективи: Матеріали II Міжнародного наукового симпозиуму SDEV'2020 (12-15 лютого 2020 року, Львів-Славське, Україна). Львів, 2020. С. 73–75.
6. Жуковський О.В., Орлов О.О., Зборовська О.В., Струтинський О.В., Шевчук В.В., Карчевський Р.А., Гулик І.Т., Левківський О.В. Санітарний стан соснових деревостанів після проведення санітарних рубок вибіркового, у кулісах та дрібноконтурних ділянках в осередках ураження короїдом верхівковим. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018, т. 28, № 8. С. 87-91. <https://doi.org/10.15421/40280818>
7. Жуковський О.В., Краснов В.П., Іванюк І.Д., Курбет Т.В., Зборовська О.В. Поширення короїда верхівкового (*Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) і трахеомікозу хвойних порід стовбуром сосни звичайної. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. Вип. 32 (4). С. 38-43. <https://doi.org/10.36930/40320406>
8. Іванюк Р.О., Мельник-Шамрай В.В. Роль шкідників і хвороб у трансформації екосистемних послуг лісових екосистем. Тези Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки м. Житомир, 11–15 травня 2026 р. Житомир: «Житомирська політехніка», 2026. С. 395-397.
9. Лакида П.І., Ситник С.А., Ловинська В.М., Голобородько К.К. Аналіз матеріалів кримінальних впроваджень щодо незаконних рубок в лісах України. *Вісник Сумського аграрного університету. Сер. «Агрономія та біологія»*. 2024. 58(4). С. 64–70. Режим доступу : <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/12988>
10. Дебера Н., Гринчишин Н. Економічний ефект заходів державного контролю з виявлення незаконної рубки дерев. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: 36. наук. праць Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 758-761.
11. Звіт про обсяги офіційно задокументованих незаконних рубок у лісах України у 2024 році. URL: <https://surl.li/wychpl>
12. Shparyk Y.S., Parpan V.I. Heavy metal pollution and forest health in the Ukrainian Carpathians. *Environmental Pollution*. 2004. Vol.130. Is. 1. P. 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2003.10.030>
13. Łukaszek-Chmielewska, A., Rakowska, J., Rachwał, M. et al. Assessment of forest soil contamination by heavy metals in the Polish National Park near Warsaw. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. P. 4099. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88754-2>
14. Sidor C.G., Vlad R., Popa I., Semeniuc A., Apostol E., Badea O. Impact of Industrial Pollution on Radial Growth of Conifers in a Former Mining Area in the Eastern Carpathians (Northern Romania). *Forests*. 2021. Vol. 12(5) P. 640. <https://doi.org/10.3390/f12050640>
15. Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Пацева І.Г., Циганенко-Дзюбенко І.Ю. Екологічні наслідки лісових пожеж та удосконалення системи протипожежних заходів у лісових екосистемах Житомирської області. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2026. № 65. С. 39-47. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.2-65.6>
16. Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Пацева І.Г., Пацев І.С. Лісові пожежі у фокусі кластерного аналізу: екосистемні та технологічні аспекти через призму VOSviewer. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 11. С. 270-279. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.29>
17. Герасимчук Д.О., Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Пацев І.С., Кириленко Н.П. Екологічні ризики лісових пожеж в Україні з урахуванням кліматичних, антропогенних та воєнних детермінантів. *Екологічні науки*. 2025. № 6(63). С. 216-220. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.34>
18. Іванюк Р.О., Мельник-Шамрай В.В. Лісові пожежі в Україні. Тези Всеукраїнської наукової конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Екологічна безпека та раціональне природокористування», 14 листопада 2024 року. Житомир : Житомирська політехніка, 2024. С. 17.
19. В ЄС ухвалили закон для боротьби з глобальною вирубкою та деградацією лісів. URL: <https://surl.li/eettgy> (дата звернення: 01.06.2026 р.).
20. Калашніков А.О., Жежжун І.М., Топосов А.С. Loss of wood resources and biodiversity in Ukrainian forests. *Forestry and Forest Melioration*. 2024. Vol. (145). P. 143–154. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.145.2024.143>
21. Демчук Л.І., Пацев І.С., Скиба Г.В., Войналович І.М. Оцінка відновлення лісових екосистем після війни: ризики та надії. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. Серія: Технологія захисту навколишнього середовища*. 2025. Вип. 1. С. 191-198. DOI [https://doi.org/10.15589/znz2025.1\(499\).27](https://doi.org/10.15589/znz2025.1(499).27)
22. Пацева І.Г., Аппагова О.М., Демчук Л.І., Кірейцева Г.В., Левицький В.Г. Сучасний стан навколишнього природного середовища в умовах впливу війни. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. 2022. Вип. 4 (43). С. 19-22. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.3>
23. Пацев І.С., Барабаш О.В., Пацева І.Г. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми Житомирщини. *Екологічні науки*. 2023. Вип. 5 (50). С. 114–118. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.16>
24. Зібцев С.В., Сошенський О.М., Голдаммер Й.Г., Миронюк В.В., Борсук О.А., Гуменюк В.В., Мешкова В.Л., Василюк О.В., Букша І.Ф. Лісоуправління на територіях, забруднених вибухонебезпечними предметами. WWF-Україна, 2022. 148 с.



25. Панкова С.О., Бондар А.О., Матусяк М.В., Піддубна А.М. Методологічні та методичні засади моніторингу лісів України. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 13. С. 395-401. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.37>
26. Пузріна Н.В., Мешкова В.Л., МIRONЮК В.В., Бондар А.О., Токарева О.В., Бойко Г.О. Моніторинг лісових екосистем : навч. посіб. Київ: НУБіП України, 2021. 273 с.
27. Букша І.Ф., Букша М.І., Пивовар Т.С. Оцінка репрезентативності даних моніторингу лісів України зарізної щільності мережі ділянок спостережень. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. Вип. 134. С. 66-67. 10.33220/1026-3365.134.2019.66
28. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*. 2013. Vol. 342, No. 6160. P. 850–853. DOI: 10.1126/science.1244693.
29. Wulder M.A., Loveland T.R., Roy D.P., Crawford C.J., Masek J.G., Woodcock C.E. et al. Current Status of Landsat Program, Science, and Applications. *Remote Sensing of Environment*. 2019. Vol. 225. P. 127–147. DOI: 10.1016/j.rse.2019.02.015
30. Лісовий кодекс України: Закон України від 21.01.1994 р. № 3852-XII. Верховна Рада України. URL: <https://surl.li/ayobyh> (дата звернення 07.04.2026).
31. Моніторинг лісів за ICP Forests – міжнародні вимоги та національні переваги для України. *Впровадження сталого лісового господарства*. URL: <https://surl.li/uzoyzi> (дата звернення 07.04.2026).
32. Закон України Про внесення змін до Лісового кодексу України щодо проведення національної інвентаризації лісів. URL: <https://surl.li/crgahh> (дата звернення 07.05.2026).
33. Про затвердження Порядку проведення національної інвентаризації лісів та внесення зміни у додаток до Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних. URL: <https://surl.li/tjwxpg> (дата звернення 07.05.2026).
34. ВО «Укрдержліспроект». URL: <https://lisproekt.gov.ua/> (дата звернення 07.05.2026).
35. УкрНДІЛГА. URL: <https://uriffm.org.ua/> (дата звернення 07.05.2026).
36. НІЛ (національна інвентаризація лісів). URL: <https://surl.li/bcibnr> (дата звернення 07.05.2026).
37. Концепції розбудови національної інвентаризації та моніторингу лісів України. URL: <https://surl.li/cc/ggexbx> (дата звернення 07.05.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 28.07.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.08.2026