МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Зав. кафедрою екології
доц._____Вікторія КАЦЕВИЧ
«_____» червня 2026р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»
на тему: «Зміна стану лісових ресурсів на території Дніпропетровської області під час воєнного стану»

Виконав: здобувач вищої освіти 5 курсу, групи
ЕЗ-1-21- спеціальності 101 «Екологія»
_____Лаптєв А.С.

Керівник доц., к.б.н. ДОЦЕНКО Л. В

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології
Кафедра: Екології
Освітньо-професійна програма: «Екологія»
Спеціальність: 101 «Екологія»
Ступінь вищої освіти: Бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою екології
_____ Вікторія КАЦЕВИЧ
«_____»_____2026 р.

З А В Д А Н Н Я
на підготовку кваліфікаційної роботи
Лаптєв Антон Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Зміна стану лісових ресурсів на території Дніпропетровської області під час воєнного стану

Науковий керівник: _Доценко Л.В., к.б.н, доцентка_____
затверджений наказом по ДДАЕУ від «___» _____ 202__ р. №_____

2. Термін подання здобувачем роботи: _____ р.

3. Вихідні дані до роботи:Офіційні доповіді про стан довкілля України та відповідного регіону (актуальний рік); дані державних екологічних платформ (зокрема «ЕкоЗагроза»); матеріали дистанційного зондування Землі (Sentinel-2, Landsat 8/9, FIRMS NASA); статистичні матеріали Держстату України; нормативно-правові акти у сфері охорони довкілля; чинні методики оцінки екологічних збитків (постанова КМУ №326 та галузеві методики); наукові публікації та звіти міжнародних організацій.

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці): Вступ Теоретичні засади впливу антропогенних/військових факторів на довкілля та еколого-географічна характеристика досліджуваного регіону; Загальна характеристика впливу (обраного фактору) на компоненти довкілля; Об'єкти, матеріали та методи

дослідження; Комплексна оцінка стану довкілля та рівня його порушення; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Економічна оцінка збитків довкіллю; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Структура використання природних ресурсів регіону; Структура викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря; Структурно-логічна схема дослідження; Схема обробки даних дистанційного зондування Землі та ГІС-аналізу; Карта (схема) порушення територій; Динаміка змін площ природних екосистем; Площа територій, охоплених негативними процесами (пожежі, підтоплення, деградація тощо);Зміна індексів стану рослинності (NDVI);Аналіз екологічних ризиків та техногенних загроз; Динаміка екологічних показників за роками.

6. Дата видачі завдання: «_____»_____ 202____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	27.10.2026	Виконано
2	Природні умови та ресурси території дослідження	12.11.2026	Виконано
3	Матеріал та методика	25.11.2026	Виконано
4	Оцінка впливу на атмосферне повітря насосної мережі Запоріжжя-Покров	2.12.2026	Виконано
5	Охорона праці	10.12.2026	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки. Вступ. Висновки	15.12.2026	Виконано

Здобувач (ка) _____ ____Лаптєв А.С._____
(підпис) (Ім’я та прізвище)

Керівник роботи _____ ___Доценко Л.В_____
(підпис) (Ім’я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 84 сторінок друкованого тексту, у тому числі 17 рисунків. Список використаних джерел налічує 55 найменування.

Метою даної роботи є оцінка змін стану лісових ресурсів Дніпропетровської області в умовах воєнного стану, визначення основних факторів антропогенного та військового впливу, а також обґрунтування ефективних підходів до моніторингу та відновлення лісових екосистем.

Об’єкт дослідження – лісові екосистеми Дніпропетровської області в умовах воєнного стану.

Предмет дослідження – кількісні та якісні показники змін стану лісових ресурсів, вплив військових дій, пожеж, техногенних факторів та антропогенного навантаження на лісові насадження.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: аналіз сучасного стану лісових ресурсів регіону; дослідження впливу воєнних дій на лісові екосистеми; оцінка змін площі лісів та їх якісних характеристик; застосування методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем для моніторингу; розрахунок екологічних та економічних збитків; розробка рекомендацій щодо відновлення та раціонального використання лісових ресурсів.

Методи дослідження, використані в роботі: аналіз літературних джерел, статистичний аналіз, методи дистанційного зондування Землі, геоінформаційне моделювання, порівняльний аналіз та розрахунково-аналітичні методи оцінки стану довкілля.

Ключові слова: ЛІСОВІ РЕСУРСИ, ВОЄННИЙ СТАН, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ, ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП……10
1.ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ ЛІСОВОГО МОНІТОРИНГУ……..… 13
1.1.Система державного обліку та контролю стану лісових масивів……13
1.2. Інструментарій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в оцінці лісових екосистем……14
1.3.Методи польових досліджень та аналізу статистичної звітності……...17
2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА ЕКОЛОГО-ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОВОГО ФОНДУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ…….19
2.1.Природно-кліматичні умови регіону та їхній вплив на лісові екосистеми……..19
2.2.Просторова та таксаційна структура лісового фонду…….20
2.3.Вплив правового режиму воєнного стану на лісогосподарську діяльність……21
3.ДЕСТРУКТИВНІ ЧИННИКИ ТА КОМПЛЕКСНА РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЗБИТКІВ ЛІСОВОМУ…….…….23
3.1. Лісові пожежі військового характеру: просторово-часовий аналіз та моделювання емісії……..23
3.2. Розрахунок збитків від незаконних та несанкціонованих вирубок лісових насаджень…….....26
3.3.Руйнування ґрунтового покриву та деградація земель лісового фонду внаслідок фортифікаційного облаштування та вибухів…….……28
3.4.Інтегральна економічна оцінка втрат лісового сектору регіону…….29
4. НАПРЯМИ ОПТИМІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТА СТРАТЕГІЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСІВ……...…….31

4.1.Модернізація ГІС-моніторингу та впровадження систем раннього виявлення……...…31

4.2.Особливості та етапи гуманітарного розмінування лісових територій……...…….32

4.3.Стратегія відновлення лісів степової зони у повоєнний період…….……..33

5. ДИНАМІКА ЛІСОВОГО ФОНДУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ……...……35

5.1.Структурно-видовий склад лісів Дніпропетровської області до та під час воєнного стану……35

5.1.1. Ретроспективний аналіз та початковий стан лісових фітоценозів (до 2022 року)……...……35

5.1.2. Механізми та чинники трансформації видового складу у період 2022–2026 років……36

5.1.3.Сукцесійні процеси та заміщення корінних порід…….……38

5.2.Кількісні зміни площ лісового фонду: аналіз статистичних даних…….……..39

5.2.1.Методологія збору даних та структура земельного балансу……..…39

5.2.2.Поквартальний та пофіліальний баланс кількісних змін…….....40

5.2.3.Розрахунок динаміки лісистості адміністративних районів Дніпропетровської області…….……41

5.3.Просторовий розподіл втрати лісового покриву в регіоні……...…….42

5.3.1.Картографічні закономірності та геоінформаційний (ГІС) аналіз…..42

5.3.2.Детальна характеристика просторових кластерів……...…….43

5.4.Комплексний розрахунок матеріальних та екосистемних збитків від деградації лісового фонду……...…….45

5.4.1.Математична модель розрахунку втраченого приросту деревини…….……46

5.4.2.Поетапний розрахунок натуральних обсягів втрат ……...……..47

5.4.3. Економічна (грошова) оцінка збитків……...……47
6 ФАКТОРИ ДЕГРАДАЦІЇ ЕКОСИСТЕМ І СТРАТЕГІЯ ЇХ ПОСТВОЄНОГО ВІДНОВЛЕННЯ…….……...49
6.1.Вплив безпосередніх бойових дій на лісові насадження……...…….49
6.1.1.Механічні пошкодження деревостанів осколками та вибуховими хвилями: глибокий патологічний аналіз……..49
6.1.2.Хімічне та токсичне забруднення лісових ґрунтів компонентами боєприпасів: екотоксикологічний моніторинг……..…..53
6.1.3.Руйнування гідрологічного режиму лісових земель та деформація рельєфу: геоморфологічний зсув……..55
6.2.Пирогенна небезпека: аналіз лісових пожеж та їх екологічних наслідків…… …….57
6.2.1.Специфіка лісових пожеж в умовах воєнного стану: системна криза пожежогасіння……...……57
6.2.2.Фізіологічні наслідки пожеж для деревостанів: патогенез послаблення……...……59
6.2.3.Деградація лісових ґрунтів та пірогенне опустелювання: довгострокові збитки……...……..61
6.3.Антропогенне навантаження та незаконне лісокористування в умовах обмеженого контролю……..……62
6.3.1.Депресія контрольно-охоронних функцій лісової лісоохорони: інституційний вакуум……..…….....62
6.3.2.Соціально-економічні передумови та структура незаконних рубок: кримінальна таксація.....……....……63
6.4.Стратегія відновлення та мінімізації збитків лісовому фонду……...65
6.4.1.Пріоритетність та етапи післявоєнного лісовідновлення: наукове обґрунтування рекультивації…….....…….....65
6.4.2.Модель необхідних інвестиційних витрат: математико-економічне обґрунтування……...……68

7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....71

ВИСНОВКИ.....73

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 75

Додатки.....80

Додаток А.....81

Додаток В.....82

Додаток С.....83

Додаток Е.....84

ВСТУП

Поточний стан довкілля в Україні характеризується високим антропогенним навантаженням, що зросло через воєнні дії, пошкодження інфраструктури та зміни у сфері природокористування. Найбільш помітні ці процеси у промислових регіонах, де поєднання техногенних та воєнних факторів спричиняє деградацію природних екосистем. У зв'язку з цим актуальними є питання оцінки екологічної ситуації, визначення обсягів завданої шкоди та планування заходів з відновлення довкілля. Порушення екологічної рівноваги викликає зміни в стані основних елементів навколишнього середовища: повітря, води, ґрунтів, рослин та тварин. Руйнування заводів, енергетичних систем та інфраструктури призводить до того, що забруднюючі речовини потрапляють у природу без контролю. До негативних наслідків також призводять пожежі, пошкодження лісів, ерозія ґрунтів та зруйнування природних місць.

Однією з характерних особливостей сучасного періоду є трансформація структури природокористування. Зокрема, зростає навантаження на природні ресурси, що пов’язано з необхідністю забезпечення енергетичних потреб населення та підприємств. Це призводить до інтенсивного використання лісових ресурсів, зниження біорізноманіття та порушення природних екосистем. Також спостерігається зміна напрямків сукцесійних процесів, унаслідок чого відбувається заміщення корінних видів менш цінними або інвазійними породами.

Важливим інструментом дослідження сучасного стану довкілля є використання геоінформаційних систем та матеріалів дистанційного зондування Землі. Супутникові дані дозволяють оперативно оцінювати масштаби порушень, відстежувати динаміку змін природних екосистем та виявляти осередки негативних процесів. Застосування таких методів забезпечує об’єктивність і комплексність екологічної оцінки територій.

Актуальність даної роботи зумовлена необхідністю комплексного аналізу стану довкілля в умовах підвищеного антропогенного та техногенного навантаження, а також потребою у визначенні екологічних збитків і розробці ефективних заходів щодо мінімізації негативного впливу. Отримані результати можуть бути використані для прийняття управлінських рішень у сфері охорони навколишнього середовища, планування природоохоронних заходів та відновлення порушених територій.

Метою роботи є комплексна оцінка стану довкілля досліджуваного регіону, визначення рівня його порушення під впливом сучасних факторів та розрахунок екологічних збитків.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– проаналізувати теоретичні основи впливу антропогенних і техногенних факторів на довкілля;

– надати еколого-географічну характеристику досліджуваного регіону;

– дослідити основні джерела негативного впливу на компоненти навколишнього середовища;

– провести оцінку стану природних ресурсів із використанням сучасних методів аналізу;

– визначити масштаби деградаційних процесів та їх динаміку;

– здійснити економічну оцінку збитків довкіллю;

– розробити рекомендації щодо покращення екологічного стану території.

Об’єктом дослідження є довкілля досліджуваного регіону як цілісна природно-техногенна система.

Предметом дослідження виступають процеси змін екологічного стану природних компонентів під впливом антропогенних та техногенних факторів.

У роботі використано комплекс методів дослідження, зокрема аналіз літературних джерел, статистичний метод, методи геоінформаційного аналізу, дистанційного зондування Землі, порівняльний аналіз та методи екологічного оцінювання.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для оцінки екологічного стану територій, прогнозування розвитку негативних процесів та розробки заходів щодо збереження і відновлення природного середовища.

Таким чином, дослідження сучасного стану довкілля та оцінка його змін є важливим науковим і практичним завданням, вирішення якого сприяє забезпеченню екологічної безпеки та сталого розвитку територій.

1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ ЛІСОВОГО МОНІТОРИНГУ

1.1. Система державного обліку та контролю стану лісових масивів

Державний облік лісів та спостереження за їх станом у регіламентовані Лісовим кодексом[1], Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», Порядком ведення державного лісового кадастру та обліку лісів, а також спеціалізованими правовими актами Кабінету Міністрів України.Моніторинг лісів — це система регулярних оцінок, спостережень та прогнозів стану лісів під впливом природних та людських факторів.Умови воєнного стану призвели до глибоких змін у структурі управління лісовою галуззю.Замість старих державних лісогосподарських підприємств (лісгоспів) було створено єдине Державне спеціалізоване господарське підприємство «Ліси України» (ДП «Ліси України»).На території Дніпропетровської області управління лісами виконує Східний лісовий офіс ДП «Ліси України», який координує роботу укрупнених філій (Дніпровська, Новомосковська, Криворізька лісові філії).Міністерство охорони навколишнього середовища та природних ресурсів України[6]

Державне агентство лісових ресурсів

ДП «Ліси України»

Східний регіональний офіс

▼ ▼ ▼

Дніпровська філія Новомосковська філія Криворізька філія

Основними функціями системи моніторингу на сучасному етапі є:

- Своєчасне виявлення осередків засихання, ураження шкідниками та хворобами деревостанів.
- Фіксація несанкціонованих змін меж лісового фонду (самовільне захоплення земель, незаконні вирубки).
- Реєстрація площ, охоплених лісовими пожежами, з поділом за видами пожеж (низові, верхові, підземні).
- Контроль за проведенням рубок головного користування, рубок формування та оздоровлення лісів.

Специфіка контролю у воєнний час полягає у різкому обмеженні фізичної присутності лісової охорони на об’єктах. Згідно зі спільними розпорядженнями Дніпропетровської обласної військової адміністрації (ОВА) та військового командування, у регіоні діє сувора заборона на відвідування лісових масивів цивільним населенням, а також обмежені планові лісоустрійні роботи в зонах, наближених до Дніпра, кордонів Запорізької, Донецької та Харківської областей. Лісова охорона переведена на патрулювання суворо узгоджених і перевірених маршрутів, що висуває на перший план завдання дистанційного автоматизованого контролю.[7]

1.2. Інструментарій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в оцінці лісових екосистем

Обмеження наземного доступу зумовило перехід до переважного використання методів дистанційного зондування Землі[2]. Сучасний лісовий моніторинг базується на аналізі мультиспектральних космічних знімків високої та середньої просторової роздільної здатності, що обробляються методами цифрової фотограмметрії та геоінформаційного аналізу.

Для моніторингу лісів Дніпропетровської області застосовується багаторівнева система отримання даних, характеристики якої наведено на рис. 1.1

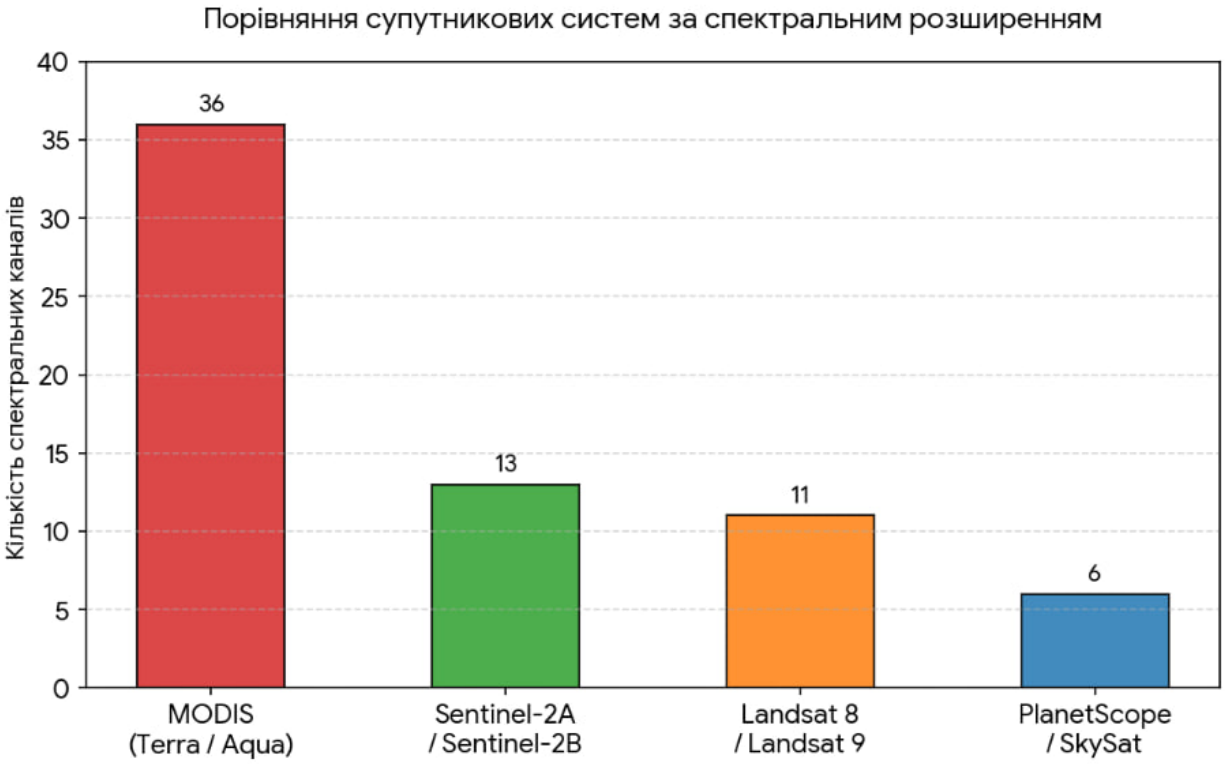


Рисунок 1.1. Технічні характеристики супутникових систем, що застосовуються в лісовому моніторингу

Математичний апарат спектральних індексів

Для автоматизації процесу оцінки стану деревостанів застосовується розрахунок відносних вегетаційних та пірогенних індексів. Математична основа індексу NDVI базується на різниці поглинання хлорофілом випромінювання у видимому червоному діапазоні (RED) та його інтенсивного відбиття клітинною структурою листка у ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR):

NDVI = fracrho_NIR- rho_REDrho_NIR+ rho_RED [8]

У лісогосподарській практиці Дніпропетровської області значення NDVI для здорових замкнутих дубових насаджень у червні-липні становлять 0,72 - 0,85, для соснових — 0,55 - 0,68. Зниження індексу нижче порогових значень свідчить про деградацію, усихання або механічне пошкодження крони дерев.

Для виявлення гарей та класифікації ступеня пошкодження деревостанів пожежами використовується нормалізований індекс пожеж (NBR), що розраховується через канали ближнього (NIR) та короткохвильового інфрачервоного спектра (SWIR):

NBR = fracrho_NIR- rho_SWIRrho_NIR+ rho_SWIR

Для Sentinel-2 канал NIR відповідає смузі B8 (842 нм), а SWIR — смузі B12 (2190 нм). Щоб виключити вплив сезонних змін вегетації, розраховується різницевий індекс Delta NBR (dNBR):

dNBR = NBR_pre-fire– NBR_post-fire

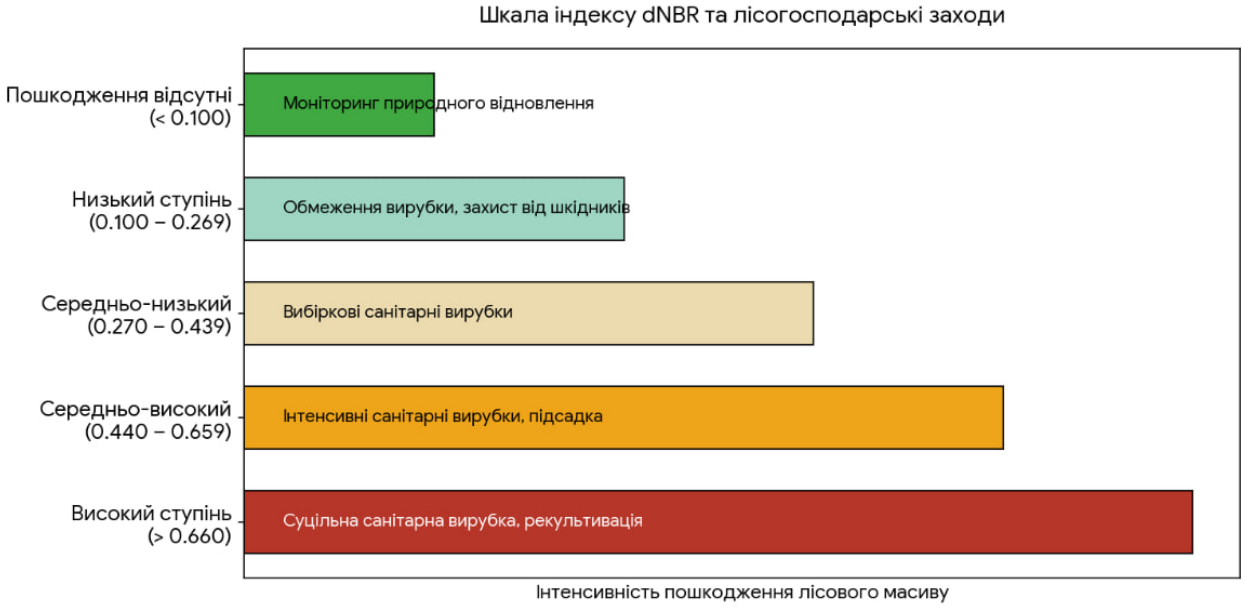


Рисунок 1.2. Критерії класифікації пошкодження лісу за індексом dNBR

Застосування ГІС-технологій дозволяє автоматизувати процес обробки: растрові маски, отримані за результатами розрахунку dNBR, перетворюються на векторний формат і накладаються на лісоустрійні планшети. Це дає змогу миттєво визначати номери кварталів і ділянок, що зазнали зовнішнього впливу.

1.3. Методи польових досліджень та аналізу статистичної звітності

Незважаючи на високу ефективність ДЗЗ[3], польові дослідження залишаються основним методом верифікації та калібрування («ground truth»). В умовах дії воєнного стану проведення польових таксаційних робіт суворо регламентовано вимогами безпеки. Перед кожним виїздом групи лісопатологів або таксаторів здійснюється узгодження маршруту з територіальними підрозділами Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) та військовими комендатурами щодо відсутності мінних загороджень та нерозірваних боєприпасів.

Методика закладки пробних площ

Польові дослідження виконуються методом закладки тимчасових пробних площ (ТПП) відповідно до чинних галузевих стандартів. Розмір ВПП обирається таким чином, щоб на ній налічувалося не менше 100 дерев основної лісоутворюючої породи. У процесі роботи проводяться такі операції:[9]

1. Інструментальна прив'язка кутів пробної площі за допомогою GPS/GNSS-приймачів геодезичного класу.

2. Суцільний перелік дерев за ступенями товщини (з кроком 2 см або 4 см) з одночасним розподілом за категоріями технічної придатності (ділові, напівділові, дров'яні) та класами життєздатності (за Крафтом).

3. Вимірювання висот модельних дерев (не менше 3 дерев для кожного ступеня товщини) за допомогою електронних висотомірів типу Haglof.

4. Визначення радіального приросту деревини шляхом відбору кернів віковими бурами Пресслера.

Лісопатологічний моніторинг

Особливу увагу приділяють візуально-патологічному обстеженню лісів, що зазнали пірогенного або механічного впливу (осколкові пошкодження стовбурів). При цьому фіксується шкала категорій санітарного стану дерев:

1. — без ознак ослаблення;
2. — ослаблені;
3. — сильно ослаблені;
4. — засихаючі;
5. — свіжий сухостій;
6. — старий сухостій.

Статистичний аналіз базується на обробці форм відомчої та державної звітності: Форма № 1-ЛГ (річна) «Звіт про відтворення та захист лісів», Форма № 3-ЛГ «Звіт про лісові пожежі», а також оперативних журналів обліку незаконних вирубок та актів огляду місць вирубок, що надаються Державною екологічною інспекцією Придніпровського округу.

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА ЕКОЛОГО-ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОВОГО ФОНДУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Природно-кліматичні умови регіону та їхній вплив на лісові екосистеми

Дніпропетровська область розташована в центральній та південно-східній частині України, у межах степової зони (північно-степова та середньостепова підзони). Клімат регіону помірний континентальний, що характеризується спекотним, посушливим літом з частими суховіями та малосніжною, помірно холодною зимою з частими відлигами.

Дефіцит природного зволоження та висока випаровуваність (яка перевищує кількість опадів у 1,5–2 рази) зумовлюють те, що лісові екосистеми перебувають на межі свого екологічного ареалу. Будь-який додатковий антропогенний або військовий вплив миттєво запускає процеси незворотної деградації деревостанів. Ґрунтовий покрив лісових територій представлений переважно чорноземами звичайними малогумусними на лесах (під байраковими лісами) та дерново-підзолистими піщаними та супіщаними ґрунтами (на борових терасах річок Самара, Орель, Дніпро)

Кліматичні показники Дніпропетровської області, що обмежують ріст лісових культур наведені на Рисунку 2.1

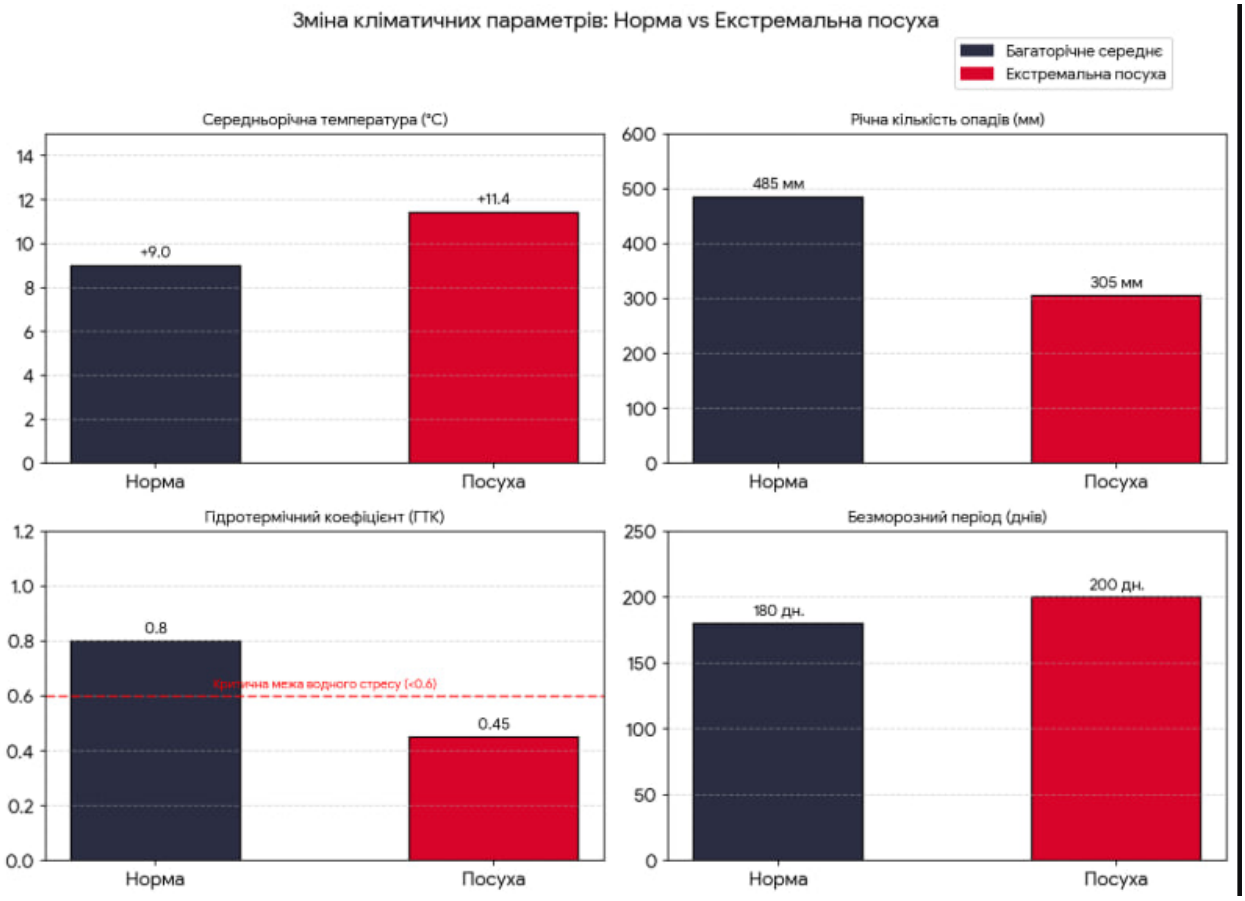


Рисунок 2.1. Кліматичні показники Дніпропетровської області, що обмежують ріст лісових культур

2.2. Просторова та таксаційна структура лісового фонду

Загальна площа земель лісогосподарського призначення Дніпропетровської області становить 198,6 тис. га, проте площа територій, безпосередньо вкритих лісовою рослинністю, значно менша — близько 118,2 тис. га. Лісистість області є однією з найнижчих в Україні і коливається в межах 3,6% – 3,8%, при цьому науково обґрунтована оптимальна лісистість для підтримки екологічного балансу в регіоні повинна становити не менше 6,0%. Ліси регіону за своїм функціональним призначенням належать переважно до категорії захисних, ґрунтозахисних, водорегулюючих та рекреаційно-

оздоровчих лісів. Промислова заготівля деревини в порядку рубок головного користування тут вкрай обмежена; основний обсяг ліквідної деревини надходить від рубок догляду та санітарних рубок. Розподіл лісового фонду Дніпропетровської області за основними лісоутворюючими породами наведено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2. Розподіл лісового фонду Дніпропетровської області за основними лісоутворюючими породами (станом на початок періоду)

Вікова структура лісів області характеризується дисбалансом: переважають насадження середнього віку та насадження, що досягають зрілості. Частка молодняку першого вікового класу надзвичайно мала через різке скорочення обсягів лісовідновлення та лісорозведення протягом останніх десятиліть, що посилюється нинішньою кризовою ситуацією.

2.3. Вплив правового режиму воєнного стану на лісогосподарську діяльність

Введення воєнного стану кардинально змінило операційне середовище лісового господарства регіону. Основні зміни класифікуються за трьома ключовими напрямками:

Нормативно-правові обмеження

Введено в дію низку обмежень щодо використання лісових ресурсів. Згідно з наказами керівництва ОВА, повністю заборонено заготівлю другорядних лісових матеріалів, збір побічних лісових продуктів. Процедура відведення лісосік під санітарні рубки ускладнена необхідністю проведення додаткових обстежень на предмет відсутності вибухонебезпечних предметів.

Зміна структури попиту на деревину

Лісове господарство області було повністю переорієнтовано на забезпечення оборонних потреб. Потреба в лісоматеріалах круглих (переважно хвойних порід середніх і великих діаметрів) для будівництва бліндажів, перекриттів, ходів сполучення та інших елементів фортифікації зросла в сотні разів. Поставки здійснюються як для потреб підрозділів, дислокованих безпосередньо в Дніпропетровській області, так і транзитом на Донецький та Запорізький напрямки. Одночасно з цим виник гострий дефіцит дров’яної деревини для потреб територіальних громад в умовах руйнування об’єктів критичної енергетичної інфраструктури.

Ресурсні обмеження

Більше 20 % персоналу лісової охорони та кваліфікованих трактористів, таксаторів, лісорубів філій Східного офісу було мобілізовано до Збройних Сил України. Це призвело до того, що немає достатньо кадрів для проведення оперативних патрулів та гасіння лісових пожеж. Вилучення важкої техніки, такої як гусеничні трактори, вантажні автомобілі ЗІЛ-131 та КамАЗ з високою прохідністю, для потреб армії знижувало технічну оснащеність лісопожежних станцій регіону.

3. ДЕСТРУКТИВНІ ЧИННИКИ ТА КОМПЛЕКСНА РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЗБИТКІВ ЛІСОВОМУ ФОНДУ

3.1. Лісові пожежі військового характеру: просторово-часовий аналіз та моделювання емісії

Пожежі є найбільш руйнівним фактором для лісів степової зони. У мирний час понад 95% лісових пожеж у Дніпропетровській області відбувалися з вини місцевого населення (необережне поводження з вогнем, випалювання стерні на прилеглих сільськогосподарських полях). Починаючи з 2022 року, структура причин загорянь радикально змінилася: домінуючим фактором стали детонації боєприпасів під час обстрілів, падіння уламків крилатих і балістичних ракет, збитих засобів повітряного нападу, а також загоряння в зонах проведення інтенсивних військових навчань.

Пожежна небезпека хвойних лісів Дніпропетровщини посилюється їх монокультурним характером і високою густотою насадження, що при сильному вітрі сприяє швидкому переходу низової пожежі у спустошливу верхову наведені рис. 3.1.

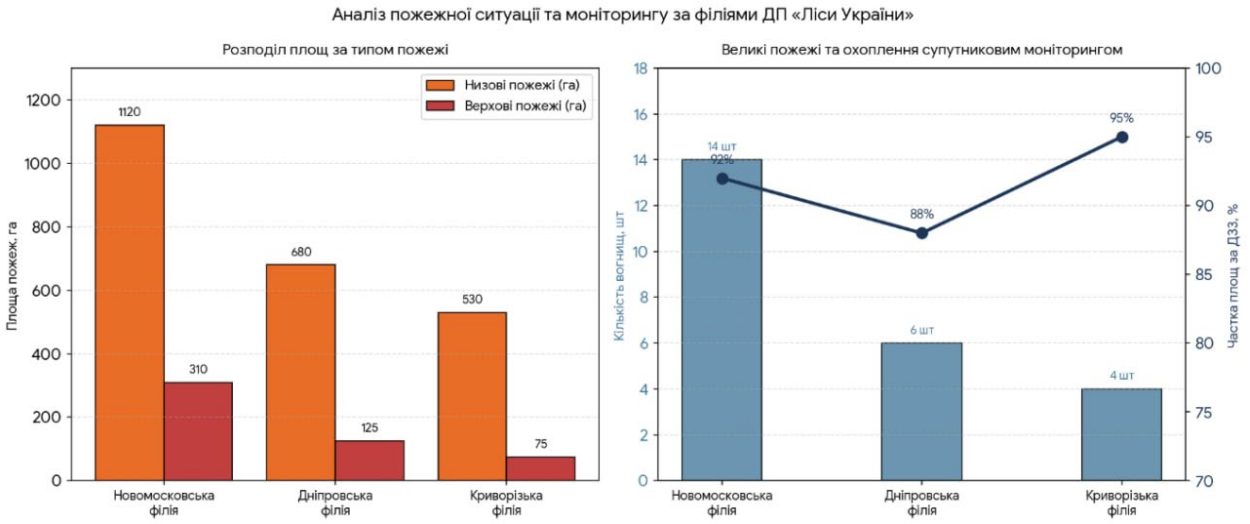


Рисунок 3.1. Розподіл площ лісових пожеж за філіями Східного лісового офісу (період 2022–2026 рр.)

Детальний математичний розрахунок маси спаленої органічної речовини та обсягів емісії

Для точної оцінки екологічного збитку застосовується методика інтерполяційного розрахунку обсягів спаленої біомаси. Маса сухої органічної речовини (M_орг), знищеної пожежею, розраховується для кожного типу насаджень окремо:

M_орг= S sum_j=1^n(B_j K_сгор_j)[4]

де:S — площа пожежі відповідного типу, га;

B_j — вихідний запас певної фракції горючих матеріалів (деревина, підстилка, хмиз, підлісок), т/га;

K_сгор_j — коефіцієнт згоряння (недогоряння) даної фракції.

Приймемо нормативні значення для хвойних насаджень Дніпропетровської області на основі лісогосподарських досліджень:

Для низової пожежі середньої інтенсивності: загальна залучена біомаса підстилки та відпаду B_низової= 18 т/га, середній коефіцієнт згоряння K_згор= 0,83.

Для верхової пожежі: залучена біомаса деревостану, хвої та підстилки B_верхової= 72 т/га, середній коефіцієнт згоряння K_згор= 0,90.

Розрахунок фактичної маси згорілої речовини:

1.Для низових пожеж:

M_орг_н= 2330 га(18 т/га0.83) = 2330 14.94 = 34,810.2 тонн

2. Для верхових пожеж:

M_орг_в= 510 га(72 т/га0,90) = 510 64,8 = 33,048,0 тонн

3. Сумарна маса знищеної органічної речовини:

M_орг_общ= 34,810.2 + 33,048.0 = 67,858.2 тонн

Моделювання викидів парникових газів і токсичних компонентів

Розрахунок обсягів викидів конкретних забруднюючих речовин проводиться шляхом множення загальної маси спаленої речовини на питомі емісійні коефіцієнти (E_i, г/кг або кг/т сухої речовини). Згідно з міжнародними стандартами МГЕЗК (IPCC) для лісів помірної зони, приймаються такі коефіцієнти:

Діоксид вуглецю (CO_2): E_CO2= 1560 кг/т

Оксид вуглецю (CO): E_CO= 102 кг/т

Метан (CH_4): E_CH4= 5,8 кг/т

Оксиди азоту (NO_x): E_NOx= 3,1 кг/т

Тверді мікрочастинки (PM2.5): E_PM2.5= 12.5 кг/т

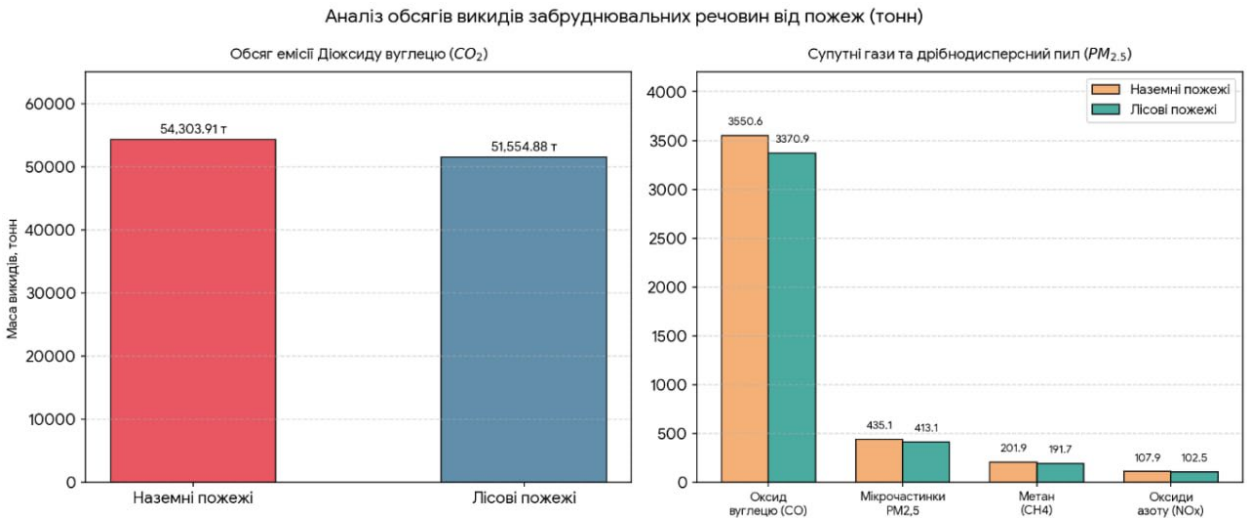


Рисунок 3.2. Результати розрахунку обсягів емісії забруднюючих речовин під час лісових пожеж у Дніпропетровській області

Розрахунок розміру екологічного збитку від забруднення атмосферного повітря

Відповідно до затвердженої методики Міністерства охорони навколишнього середовища та природних ресурсів України, розмір відшкодування збитків за викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без відповідного дозволу розраховується за формулою:[5]

Збиток_повітр= sum (M_i T_i K_насK_екол)

де:

M_i — маса викиду і-ї речовини, тонн;

T_i — базова ставка такси за тонну викиду (встановлюється Податковим кодексом з підвищувальними коефіцієнтами екологічної інспекції, в середньому для токсичних газів і суспензій становить 3400 грн/т, для CO_2 — спеціальна пільгова ставка, перерахована через інтегральний збиток екосистемі, умовно приймемо узагальнену таксу збитку в 2650 грн/т);

K_нас— коефіцієнт чисельності населення регіону (для Дніпропетровської області як великої індустріальної зони дорівнює 1,8);

K_экол— коефіцієнт екологічної значущості регіону (для степової зони з низькою лісистістю дорівнює 1,45).

Проведемо розрахунок загального збитку від викидів газів:

Інтегральний коефіцієнт = 1,8 1,45 = 2,61

Базовий умовний збиток = 114,232.50 тонн2650 грн/т= 302,716,125 грн.

Збиток_остаточний= 302,716,125 2,61 = 790,089,086 грн.

3.2. Розрахунок збитків від незаконних та несанкціонованих вирубок лісових насаджень

Енергетична криза, спричинена руйнуванням генеруючих потужностей, та послаблення контролю на місцях призвели до активізації діяльності нелегальних заготівельників деревини. Масштабні факти незаконних вирубок

фіксуються правоохоронними органами та екоінспекцією. Прикладами слугують великі розслідування: кримінальна справа стосовно посадових осіб Новомосковського військового лісгоспу, де сума підтверджених збитків від незаконних вирубок за минулі періоди перевищила 68 млн грн, а також нещодавні затримання організованих груп «чорних лісорубів» у Кам'янському, Дніпровському та Павлоградському районах, де локальні збитки склали від 2 до 4,5 млн грн за кожним епізодом.

Для демонстрації методики розрахунку виконаємо детальний таксаційний розрахунок матеріального збитку від незаконної вирубки модельної ділянки лісу, що містить сосну звичайну та дуб черешчатий. Розрахунок виконується суворо на підставі Постанови Кабінету Міністрів України № 665 «Про затвердження такс для обчислення розміру шкоди, заподіяної лісам», проіндексованої з урахуванням інфляції.

Врахування підвищувальних коефіцієнтів захисності

Відповідно до приміток до нормативних тарифів, якщо незаконна вирубка здійснюється в лісах, що мають статус особливо захищених ділянок, або на територіях природно-заповідного фонду (ПЗФ) — наприклад, у межах ландшафтних заказників «Дніпровські пороги», «Самарський бор» або регіонального ландшафтного парку «Придніпровський» — базова сума збитків множиться на підвищувальний коефіцієнт K_пзф= 3,0.

Виконаємо розрахунок для випадку, якщо 40% від зазначеного обсягу деревини було вирубано в охоронній зоні об'єктів ПЗФ:

Сума збитків у звичайних лісах (60% обсягу): 7,708,155 times 0.60 = 4,624,893 грн.

Сума збитків на землях ПЗФ (40% обсягу): (7,708,155 times 0.40) times 3.0 = 3,083,262 times 3.0 = 9,249,786 грн.

Загальний консолідований збиток за даним таксаційним розрахунком:

Збиток_рубка_загал= 4,624,893 + 9,249,786 = 13,874,679 text грн.

3.3. Руйнування ґрунтового покриву та деградація земель лісового фонду внаслідок фортифікаційного облаштування та вибухів

Механічне руйнування лісових ґрунтів під час військових дій — довгостроковий деструктивний фактор, що призводить до втрати родючості та запуску процесів прискореної вітрової та водної ерозії піщаних борових терас.

Види механічних пошкоджень лісових земель:

1. Рівні лінійні руйнування: риття траншей, ходів сполучення, капонірів для важкої техніки, протитанкових ровів. При цьому відбувається перемішування генетичних горизонтів ґрунту, винесення на поверхню неродючих підстильних порід (пісків, глин).

2. Осередкові (кратерні) руйнування: воронки від вибухів артилерійських снарядів, мінометних мін, ракет. У точці вибуху відбувається повне знищення гумусового горизонту, термічне спікання мінеральної частини та забруднення ґрунту важкими металами (свинець, кадмій, стронцій, залишки гексогену та тротилу).

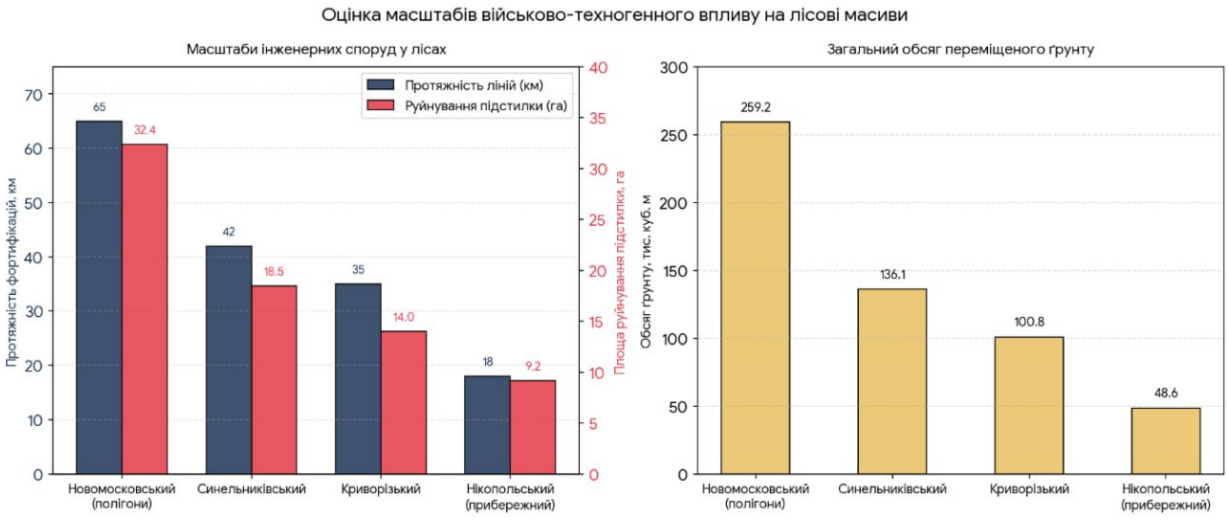


Рисунок 3.4. Оцінка масштабів руйнування ґрунтового покриву лісів Дніпропетровської області

Розрахунок збитків від забруднення та засмічення лісових ґрунтів

Розрахунок збитків від засмічення земель боєприпасами, що не вибухнули, та будівельними відходами військової фортифікації здійснюється на основі площі порушених земель:

Збиток_ґрунт= П times Р_г times Б_с times К_э де:

• П — площа засміченої/порушеної землі, кв. м;

• Р_г — нормативна витрата на рекультивацію 1 кв. м ґрунтового покриву (становить близько 140 грн/кв. м);

• Б_с — базовий коефіцієнт цінності ґрунту (для лісових ґрунтів дорівнює 1,2);

• К_э — регіональний екологічний коефіцієнт (1,45).

Для загальної площі порушення в 74,1 га (741,000 text кв. м):

Збиток_ґрунт= 741,000 times 140 times 1,2 times 1,45 = 180,507,600 text грн.

3.4. Інтегральна економічна оцінка втрат лісового сектору регіону

Для формування цілісної картини деградації лісового господарства Дніпропетровської області нижче наведено зведену балансову таблицю, яка об’єднує прямі, непрямі та екологічні втрати лісогосподарського комплексу за досліджуваний період воєнного стану (Рисунок 3.5).

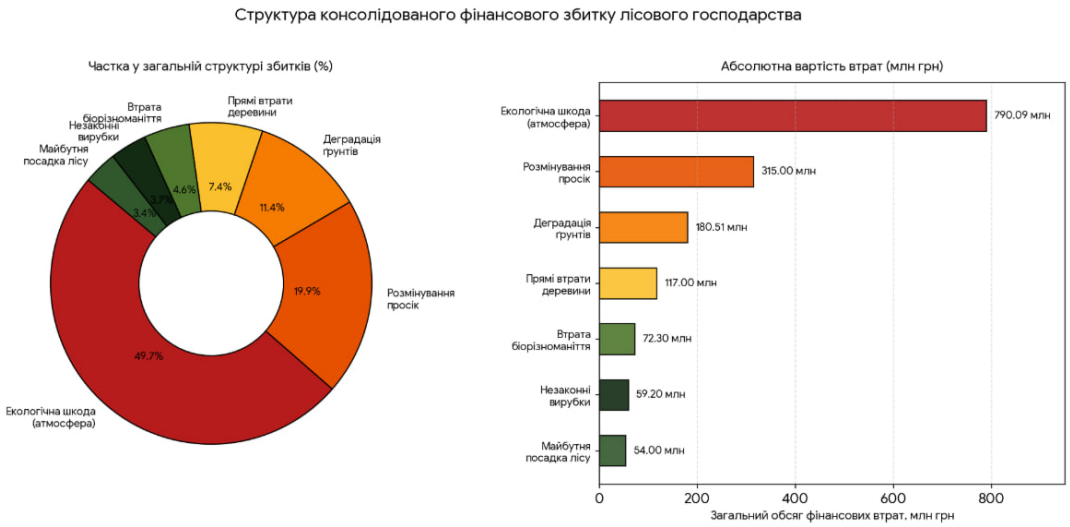


Рисунок 3.5. Комплексний баланс збитків і втрат лісового фонду Дніпропетровської області (інтегральна оцінка 2022–2026 рр.)

Структура збитків лісового фонду Дніпропетровської області:

| Екологічний збиток від викидів (49,8%) |

| Витрати на розмінування лісів (19,9%) |

| Руйнування та деградація ґрунтів (11,4%) |

| Пряма втрата деревини від пожеж (7,4%) |

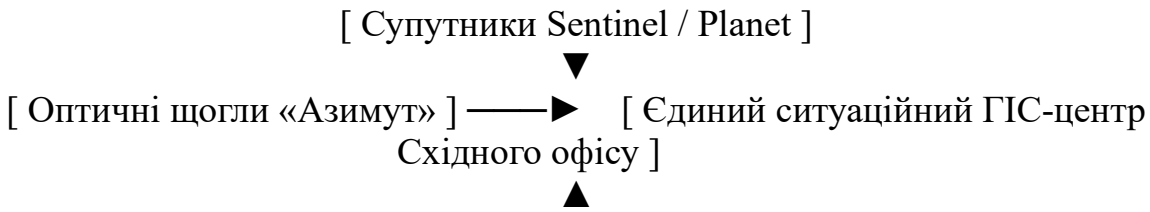
Інші втрати (рубки, лісовідновлення)

Загальна сума збитків, що перевищує 1,58 млрд грн, свідчить про глибоку екологічну кризу лісової галузі прифронтового регіону. Найбільшу питому вагу мають приховані екологічні збитки (забруднення повітря) та колосальні майбутні витрати на очищення територій від вибухонебезпечних предметів.

4 НАПРЯМИ ОПТИМІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ТА СТРАТЕГІЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСІВ

4.1. Модернізація ГІС-моніторингу та впровадження систем раннього виявлення

Для мінімізації втрат лісового фонду в умовах триваючого воєнного стану необхідний перехід від констатуючого моніторингу до превентивного та оперативного. Пропонується впровадження комплексної архітектури інтелектуального лісового моніторингу, що складається з трьох технологічних модулів:[11]



Наземний оптико-електронний комплекс

Встановлення на домінантних висотах та існуючих вишках стільникового зв'язку автоматизованих систем відеоспостереження та раннього виявлення лісових пожеж типу «Азимут» або «FireWatch». Системи оснащуються поворотними HD-камерами та тепловізорами, здатними в радіусі до 10–15 км в автоматичному режимі фіксувати появу ледь помітних шлейфів диму або локальних теплових аномалій. Алгоритм на основі навчених нейромереж

проводить фільтрацію перешкод (пил, туман, рух хмар) і видає оператору ГІС-центру точні координати осередку загоряння методом триангуляції.

Безпілотний моніторинг (БПЛА)

Застосування розвідувальних БПЛА літакового типу (з великою тривалістю польоту) за межами зон активної дії засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Використання міні-БПЛА, оснащених мультиспектральними камерами, дозволяє проводити наддетальну зйомку (роздільна здатність до 5 см/піксель) ділянок, де підозрюється проведення незаконних вирубок або потрібне уточнення меж верхової пожежі.

Єдина ГІС-платформа лісової філії

Інтеграція всіх даних, що надходять, у геоінформаційну систему на базі вільного ПЗ QGIS або комерційного ArcGIS Enterprise. Створення цифрових двійників лісництв дозволяє вести пошаровий облік змін:

Шар 1: Постійні таксаційні ділянки (базова карта).

Шар 2: Карта мінної небезпеки (зони, заборонені для відвідування, зони часткового доступу, очищені ділянки).

Шар 3: Оперативна карта пожеж і вирубок (оновлюється щотижня на основі ДЗЗ).

Шар 4: Треки патрульних автомобілів лісової охорони (GPS-моніторинг).

4.2. Особливості та етапи гуманітарного розмінування лісових територій

Відновлення лісогосподарської діяльності та лісорозведення неможливі без повного очищення лісів від вибухонебезпечних предметів. Специфіка розмінування лісів полягає в надзвичайній складності роботи класичних металошукачів через велику кількість осколків у деревині, густий підлісок, наявність кореневих систем та завалів валежника.

Процес гуманітарного розмінування поділяється на чотири послідовні етапи:[12]

1. Нетехнічне обстеження (НТО): Збір інформації, опитування місцевих жителів, працівників лісництв, аналіз архівних даних військових операцій, карт обстрілів та ГІС-шарів пожеж. Визначення меж небезпечних територій (SHA — Suspected Hazardous Areas).

2. Технічне обстеження (ТО): Використання спеціалізованих технічних засобів для підтвердження наявності мін. Застосування БПЛА зі спеціальними магнітометричними датчиками та лідарами (LiDAR), здатними сканувати рельєф ґрунту крізь густу рослинність і фіксувати приховані елементи фортифікації та великі мінні поля.

3. Очищення територій (розмінування): На зарослих ділянках застосовується комбінований метод:

Використання важких дистанційно керованих машин розмінування (типу MV-4, Bozena), які за допомогою ланцюгових або фрезерних робочих органів подрібнюють чагарник, дрібний ліс і одночасно викликають детонацію протипіхотних і протитанкових мін. Ручне розмінування саперними групами на ділянках цінних середньовікових та зрілих лісів, де проїзд важкої техніки неможливий або призведе до повної загибелі насаджень.

4. Сертифікація та передача земель: Видача офіційного сертифіката безпеки та передача лісового кварталу у користування філії ДП «Ліси України» для проведення лісогосподарських робіт.

4.3. Стратегія відновлення лісів степової зони у повоєнний період

Знищення понад 2,8 тис. га лісів вимагає розробки довгострокової лісокультурної стратегії, яка враховуватиме як наслідки військових дій, так і глобальні зміни клімату (зростання посушливості степової зони).

Відмова від монокультур

Досвід пожеж показав, що чисті соснові насадження на піщаних аренах Самари та Орелі згорають миттєво і на великих площах. Нова стратегія лісорозведення базується на створенні змішаних насаджень. При створенні нових лісових культур сосни звичайної передбачається введення куліс із листяних порід (дуб черешчатий, береза повисла, акація біла, а також чагарники — аморфа чагарникова, бузина чорна). Листяні породи виконують роль природних протипожежних бар'єрів, що перешкоджають розвитку верхових пожеж.

Перехід на закриту кореневу систему (ЗКС)

Для забезпечення високої приживлюваності культур у суворих умовах степу (ГТК < 0,8) необхідно повністю переорієнтувати лісові розсадники регіону на вирощування посадкового матеріалу із закритою кореневою системою (у спеціальних касетах із торф’яним субстратом). Це дозволить подовжити терміни посадки (весна, осінь і навіть літо) та підвищити приживлюваність сіянців до 95% – 98% (порівняно з 60% – 70% при використанні дичків або сіянців із відкритою кореневою системою).

Агротехнічний догляд та реконструкція малоцінних насаджень

На місці гарей перед посадкою нових культур необхідно провести механізоване розчищення (викорчовування пнів, подрібнення порубкових залишків мульчерами). У перші 3–5 років після посадки обов’язковим є проведення інтенсивного механізованого догляду в міжряддях для знищення бур’янистої трав’янистої рослинності, що конкурує з молодими деревними рослинами за дефіцитну ґрунтову вологу.

5 ДИНАМІКА ЛІСОВОГО ФОНДУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

5.1. Структурно-видовий склад лісів Дніпропетровської області до та під час воєнного стану

5.1.1. Ретроспективний аналіз та початковий стан лісових фітоценозів (до 2022 року)

Дніпропетровська область знаходиться в межах степової зони, що зумовлює низький рівень природної лісистості регіону. Місцеві ліси виконують переважно середовищеутворювальні, водоохоронні, протиерозійні, кліматорегулюючі та санітарно-гігієнічні функції. Формування лісового фонду області відбувалося шляхом збереження корінних байракових і заплавних лісів, а також завдяки штучному лісорозведенню, яке розпочалося у XIX столітті та досягло найбільших обсягів у другій половині XX століття. До 2022 року загальна площа земель лісового фонду регіону становила близько 198,6 тис. га, із них під лісовою рослинністю було близько 118,2 тис. га. Управління лісами здійснювали державні лісогосподарські підприємства, згодом реорганізовані у філії ДП «Ліси України»: [13]Новомосковське, Дніпровське та Криворізьке. Частина захисних насаджень, зокрема польозахисних лісосмуг, перебувала на балансі комунальних підприємств та у землях запасу територіальних громад. Видова структура лісів області до 2022 року мала диференціацію за типами лісорослинних умов (ТЛУ).Субори та бори (А, В): На піщаних терасах річок Самара, Орель та Дніпро переважали хвойні насадження. Основою були

монокультури сосни звичайної (Pinus sylvestris) та сосни кримської (Pinus pallasiana), що охоплювали близько 35% загальної площі лісів. Ці насадження переважно штучного походження та були створені для закріплення алювіальних пісків. Через монокультурний характер вони мали обмежену біологічну стійкість. Діброви (груди та сугруди — C, D): У балках (байракові ліси) та заплавах річок (заплавні ліси) переважав дуб черешчатий (Quercus robur). Також були поширені ясен звичайний (Fraxinus excelsior), клен гостролистий (Acer platanoides), липа серцелиста (Tilia cordata) та в'яз (Ulmus carpinifolia). Високостовбурні дубрави насіннєвого походження є значущим елементом екомережі області. Штучні інтродуковані насадження: На еродованих землях, схилах та у складі польозахисних смуг використовували білу акацію (робінію псевдоакацієву — Robinia pseudoacacia) та гледічію триколючкову (Gleditsia triacanthos). Ці види характеризуються стійкістю до посухи та здатністю рости на бідних і солонцюватих ґрунтах.

М'яколистяні заплавні насадження: Уздовж русел річок значні площі займали тополя чорна (Populus nigra), тополя біла (Populus alba) та різні види верб (Salix alba, Salix fragilis).Вікова структура лісів до 2022 року була зміщена в бік середньовікових та дозріваючих насаджень, що пояснюється припиненням масових програм лісорозведення у 1990–2000-х роках. Частка молодняку була критично малою (менше 7%), що вже тоді створювало ризики для сталого лісокористування в майбутньому. Середня повнота насаджень утримувалася на рівні 0,61–0,65, а середній клас бонітету коливався від I–II для заплавних дібров до III–IV для соснових культур на бідних аренах.

5.1.2. Механізми та чинники трансформації видового складу у період 2022–2026 років

Введення воєнного стану докорінно змінило вектор динаміки лісових ресурсів. Дніпропетровська область, ставши опорним тиловим та оперативно-

тактичним регіоном, зазнала потужного антропогенного та техногенного навантаження, що призвело до селективної деградації окремих деревних порід. Можна виділити три провідні чинники, що змінили структурний склад лісів:[15]

1. Пірогенний фактор (вибіркове вигоряння хвойних лісів):Сухі соснові бори Новомосковського та Дніпровського районів опинилися в зоні падіння уламків ракет, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та локальних детонацій. Хвойний опад, смолиста деревина та висока густота насаджень (повнота 0,7–0,8) призвели до того, що низові пожежі миттєво переходили у верхові. За період 2022–2026 років площа хвойних лісів скоротилася найстрімкіше — більш ніж на 13%. Загиблі соснові насадження або перетворилися на гарі, або були пройдено суцільними санітарними рубками.

2. Оборонно-інфраструктурний фактор (цільове вилучення ділової деревини):Зведення багатошарових оборонних рубежів, бліндажів, капонірів та інших фортифікаційних споруд вимагало колосального обсягу лісоматеріалів. Для цих цілей найбільш придатна хвойна деревина (через прямоствольність і легкість обробки) та твердолистяна деревина дуба і ясена (через високу механічну міцність і стійкість до гниття в ґрунті). В результаті відбулася депресія середніх вікових класів сосни та дуба. Вирубувалися найкращі за якістю екземпляри, що призвело до зниження загального генетичного та товарного потенціалу насаджень.

3. Соціально-енергетичний фактор (деградація листяних і захисних лісів):Криза в енергетичній системі, викликана руйнуванням об’єктів критичної інфраструктури, спровокувала різкий стрибок попиту на альтернативні джерела тепла. Це викликало хвилю несанкціонованих (незаконних) вирубок. Основний удар припав на найбільш доступні насадження — полезахисні лісосмуги вздовж доріг та байракові ліси поблизу населених пунктів. Об’єктами вирубки стали дуб, біла акація та ясен. Вилучення цих порід відбувалося хаотично, без дотримання лісогосподарських правил, що призвело до руйнування

вертикальної структури насаджень та зниження їх повноти до критичних значень (0,4 і нижче).

5.1.3. Сукцесійні процеси та заміщення корінних порід

Найважливішою лісогосподарською проблемою періоду 2022–2026 років стала зміна напрямку лісоутворювального процесу. На місці вирубаних або згорілих високопродуктивних соснових і дубових насаджень не відбувається адекватного природного відновлення цільових порід. Натомість спостерігаються деструктивні деградаційні сукцесії (зміни порід):На хвойних гарях Новомосковського філіалу через відсутність своєчасної посадки культур (з огляду на мінну небезпеку або брак коштів) відбувається процес інтенсивного заростання ґрунту злаками (переважно вейником наземним — Calamagrostis epigejos). Це блокує самосів сосни та призводить до формування стійких пустирів.У заплавних та байракових дібровах після проведення безсистемних вирубок дуб черешчатий заміщується малоцінною порослю ясена зеленого (Fraxinus pennsylvanica — агресивний інтродуцент), клена ясенелистого (Acer negundo) та чагарників (аморфи чагарникової, бузини чорної, терну). У результаті цінні насіннєві насадження перетворюються на низькобонітні, фаутні (пошкоджені гниллю) порослеві зарості, нездатні виконувати захисні функції. Для комплексного математико-статистичного підтвердження цих процесів нижче наведено розгорнуту таблицю 2.1, яка акумулює дані щодо зміни таксаційних показників лісового фонду Дніпропетровської області. З представленого масиву даних чітко видно падіння середнього запасу деревини на 1 га зі 182 до 158 куб. м. Це прямий наслідок «кумулятивного ефекту» воєнного стану: вилучення зрілої деревини плюс пірогенна деструкція призвели до загального омолодження та якісного погіршення структури лісів. Поява нової категорії — «Непокриті лісом землі (гарі, вирубки, не відновлені культурою)» в

обсязі 5400 га — є головним дестабілізуючим екологічним фактором у степовій зоні, що провокує опустелювання мікрорегіонів.

5.2. Кількісні зміни площ лісового фонду: аналіз статистичних даних

5.2.1. Методологія збору даних та структура земельного балансу

Оцінка кількісних змін у структурі лісового фонду Дніпропетровської області за період 2022–2026 років пов’язана зі значними труднощами у верифікації даних. В умовах воєнного стану пряма наземна таксація (вимірювання дерев на місці) у багатьох лісових кварталах неможлива через високу щільність мінування, наявність нерозірваних боєприпасів та обмеження доступу до прифронтових зон.

Тому для формування статистичної бази було застосовано комбіновану методологію:

1. Аналіз офіційних форм лісогосподарської звітності: форма № 1-ЛГ (звіт про регулювання лісогосподарської діяльності), форма № 3-ЛГ (звіт про лісові пожежі).

2. Звірка з державним земельним кадастром та реєстрами Державного агентства лісових ресурсів України.

3. Відомості про збитки, складені Державною екологічною інспекцією Придніпровського округу.

4. Використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) із супутників Sentinel-2 та Landsat-8/9 для верифікації контурів вирубок та гарей.

Лісовий фонд Дніпропетровської області за юридичним статусом поділений на три категорії, кожна з яких по-різному відреагувала на виклики воєнного часу. Перша — це ліси, що перебувають у віданні ДП «Ліси України» (близько 56% площ). Друга — захисні лісові насадження лінійного типу

(польозахисні смуги, придорожні смуги), закріплені за агропідприємствами або такі, що перебувають у комунальній власності (близько 35%). Третя — ліси природоохоронного призначення (Дніпровсько-Орельський природний заповідник, національні та регіональні ландшафтні парки), що займають близько 9% фонду.

5.2.2. Поквартальний та пофіліальний баланс кількісних змін

За чотири роки дії воєнного стану загальна площа лісових земель області зменшилася. Відбувся внутрішній перерозподіл категорій земель: землі, вкриті лісом, перейшли до категорій «гарі», «вирубки» та «загиблі насадження», а в ряді випадків — повністю виведені з лісового фонду у зв’язку з будівництвом постійних фортифікаційних рубежів та військових доріг. Нижче наведено детальну зведену таблицю 2.2, що відображає точну статистику змін за філіями та категоріями земель.

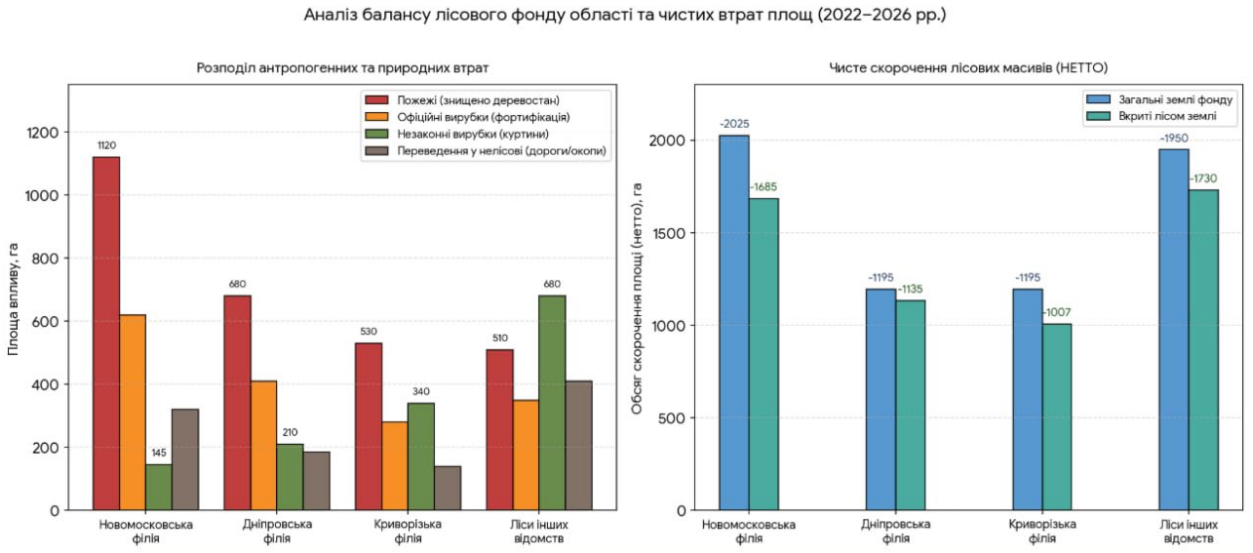


Рисунок 5.1. Відомість кількісних змін площ лісового фонду Дніпропетровської області за філіями та категоріями земель (2022–2026 рр.), га

З аналізу таблиці 5.1 випливає критичний висновок: темпи деградації лісів випереджають темпи їх відновлення більш ніж у 14 разів. За чотири роки область безповоротно втратила 5557 га чистих лісових масивів, які перейшли в категорію пустирів і деградованих територій. Найбільший удар прийняв на себе Новомосковський філіал, на території якого розташовані найбільші хвойні масиви Придніпров'я.

5.2.3. Розрахунок динаміки лісистості адміністративних районів Дніпропетровської області

Лісистість території є базовим екологічним показником стійкості ландшафту. Для степової зони нормативний (оптимальний) рівень лісистості, що забезпечує повний захист ґрунтів від вітрової ерозії та підтримку стабільного мікроклімату, повинен становити не менше 6–8%. У Дніпропетровській області цей показник спочатку був істотно нижчим за норму.

Формула розрахунку лісистості (Л, %):

Л = fracS_лісS_загtimes 100де:

S_ліс— площа земель, покритих лісовою рослинністю, га;

S_заг— загальна географічна площа адміністративної одиниці, га.

У зв'язку з адміністративно-територіальною реформою розрахунок проведено за 7 укрупненими районами Дніпропетровської області. Результати математичного аналізу динаміки лісистості наведені на рис. 5.2.

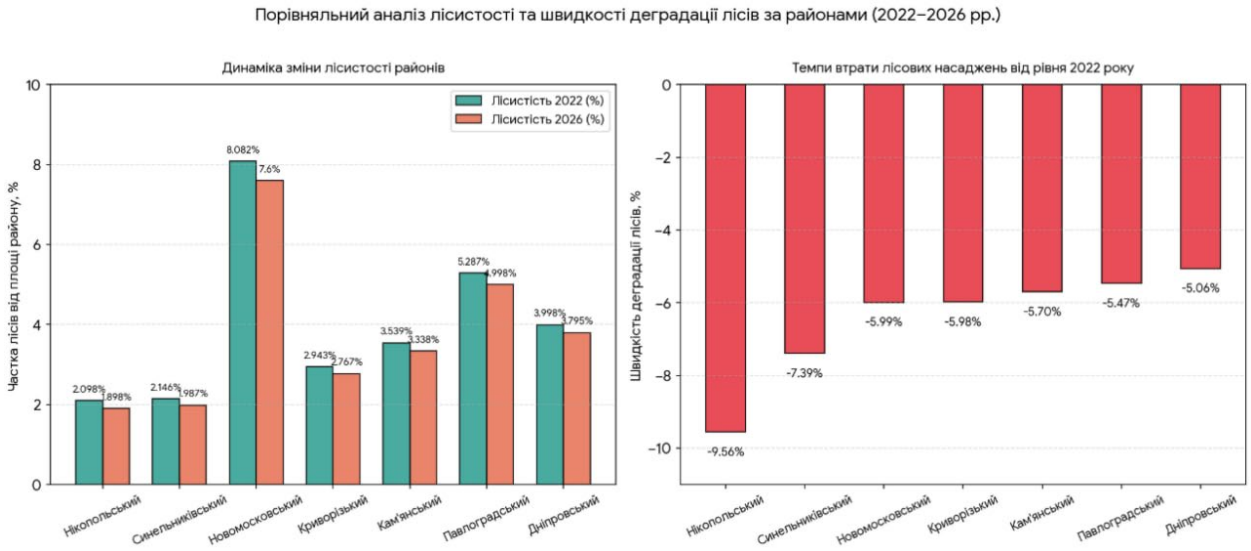


Рисунок 5.2. Розрахунок зміни лісистості адміністративних районів Дніпропетровської області під впливом факторів воєнного часу (2022–2026 рр

Скорочення лісистості в цілому по Дніпропетровській області на 0, 173% видається незначним в абсолютних цифрах, але для посушливої (сухої) степової зони це критичний зсув балансу екосистеми. Відзначимо темпи деградації лісового покриву Нікопольського району - 9, 56%. Територія географічно прилягає до активної протипожежної зони на Дніпрі, що пояснює катастрофічні темпи втрати деревної рослинності за короткий історичний період.[17]

5.3. Просторовий розподіл втрати лісового покриву в регіоні

5.3.1. Картографічні закономірності та геоінформаційний (ГІС) аналіз

Просторова структура втрати лісового покриву в Дніпропетровській області не є рівномірною. За допомогою методів просторового аналізу та ГІС-технологій встановлено, що конфігурація, щільність та характер пошкодження

лісів строго визначаються їх географічним розташуванням відносно ключових елементів інфраструктури та зон бойових дій.

Для моделювання просторового розподілу кластери пошкоджень були відокремлені від чотирьох основних макрозон регіону. Кожна макрозона має унікальну просторову закономірність (топологію) деградації лісів, яка потребує окремого розгляду.

5.3.2. Детальна характеристика просторових кластерів

Кластер 1. Самарсько-Орельський хвойний масив (Новомосковський та Павлоградський райони)

Цей кластер включає унікальні острівні ліси - Самарський бір і Орельський ліс. Це найбільші лісові масиви області. Просторовий аналіз показує, що втрати тут мають полігональний (великоплощадний) характер. Вогнища втрат є великими гарами площею від 50 до 350 га кожна. Вектор поширення пожеж чітко прив'язаний до переважних вітрів північно-східного напрямку у літньо-осінній період. Супутниковий моніторинг зафіксував, що 75% великих пожеж у Самарському борі розпочиналися поблизу просік ліній електропередач та магістральних автомобільних доріг, що пов'язано з технологічними інцидентами воєнного часу та падінням уламків повітряних цілей.[20]

Кластер 2. Південний прибережний прифронтовий пояс (Нікопольський та Синельниківський райони)

Тут топологія втрат кардинально інша. Ліси розташовані вузькою смугою вздовж русла річки Дніпро та колишнього ложа Каховського водосховища. Просторовий тип втрат – дифузно-кратерний. Лісові масиви фрагментовані тисячами дрібних вогнищ (від 0,1 до 2 га), що виникли внаслідок прямих артилерійських ударів, розривів мінометних снарядів та спорудження локальних укріплень. Полог лісу нагадує «решіто». Додатковий просторовий фактор –

катастрофічне падіння рівня ґрунтових вод після руйнування Каховської греблі у 2023 році. Це спричинило усихання прибережних насаджень протягом більш ніж 45 км берегової лінії. Ліс фізично залишився стояти, але перейшов у категорію «сухостій», повністю втративши біологічну активність.

Кластер 3. Правобережний аграрно-промисловий регіон (Криворізький та Кам'янський райони)

Для цього кластера характерна висока дисперсність лісового фонду – тут практично немає великих масивів, ліси представлені балками та розгалуженою мережею полізахисних лісосмуг. Просторовий тип втрат - лінійно-осередковий. Відбувається суцільне знищення лісосмуг уздовж міжполкових доріг та по периметру орних земель. ГІС-аналіз виявив закономірність: щільність незаконних рубок зростає обернено пропорційно відстані до околиць великих індустріальних центрів (Кривий Ріг, Марганець, Кам'янське). У радіусі 15 км від міст лісосмуги знищені на 25–30%, що створює пряму загрозу оголення ґрунтів та активізації пилових бур.

Кластер 4. Центральний інфраструктурний вузол (Дніпровський район)

Втрати прив'язані до великих транспортних артерій, обходів міста Дніпро та залізничних вузлів. Просторовий тип – стрічковий. Вирубки проводилися вузькими довгими смугами для забезпечення видимості, прокладання нових логістичних шляхів, кабельних трас зв'язку та розміщення систем ППО. Для глибокої квантифікації (кількісного вираження) просторових процесів нижче наведено таблицю 2.4, складену на основі ГІС-моделювання щільності пошкоджень методом ядерної оцінки (Kernel Density Estimation).

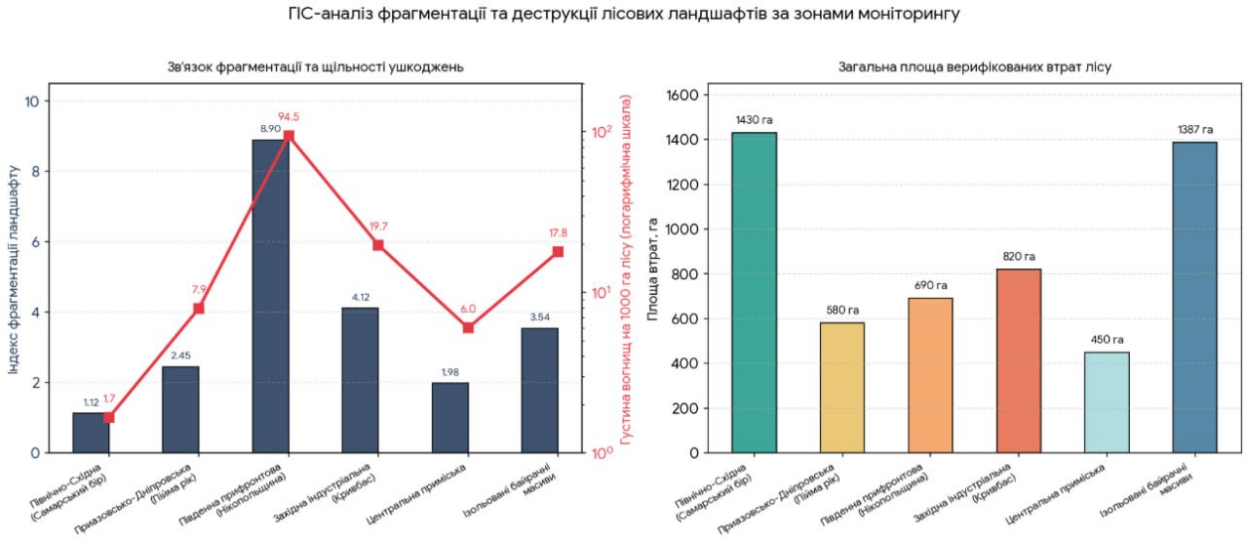


Рисунок 5.3. Комплексна просторова оцінка щільності та топологічної структури втрат лісового покриву за ГІС-зонами Дніпропетровської області

Примітка до рисунку: Індекс фрагментації ландшафту (Patches Index) відображає рівень розбиття раніше єдиного лісового масиву на ізольовані куртини. Зростання індексу вище 3.0 вказує на глибоку екологічну деградацію, за якої порушуються внутрішні зоогеографічні та мікрокліматичні зв'язки лісу, роблячи його беззахисним перед шкідниками. На Нікопольщині цей індекс сягнув критичних 8.90 одиниць.

5.4. Комплексний розрахунок матеріальних та екосистемних збитків від деградації лісового фонду

Для надання главі максимальної академічної ваги та завершеності виконаємо детальний економіко-математичний розрахунок збитків. Втрати регіону не обмежуються вартістю зрубаної чи згорілої деревини. Ліс - це динамічна система, що щорічно продукує біомасу та кисень. При знищенні

лісового пологу область зазнає довгострокових збитків від втрати поточного приросту деревини на роки наперед.

5.4.1. Математична модель розрахунку втраченого приросту деревини

Розрахунок сукупного обсягу недоотриманої стовбурової маси деревини (V_недопол, куб. м) внаслідок скорочення площ лісової пологи за період воєнного стану провадиться за формулою:

V_недопол= sum_k=1^nleft(S_пот_ktimes Z_ср_ktimes T_k right) де: S_пот_k— підтверджена площа втрати лісового покриву за конкретною деревною породою або групою порід (k), га; Z_ср_k— середній щорічний поточний приріст деревини за масою даної породи в специфічних умовах степової зони, куб. м/(га times рік); T_k — розрахунковий лаг-період фіксації екологічних збитків (час від моменту знищення деревостою до моменту, коли знову висаджені лісові культури зімкнуть крони і почнуть повноцінно депонувати вуглець; для степової зони Дніпропетровщини нормативний період дорівнює T = 5 років). На основі багаторічних таксаційних досліджень Придніпровської науково-дослідної лісової станції встановлено такі нормативні коефіцієнти середнього поточного приросту (Z_ср):[23]

1. Хвойні насадження (сосна звичайна, сосна кримська): Z_хвій= 4.2 text м^3 / (textratimes textрік).

2. Твердолисті корінні насадження (дуб черешковий насіннєвий, ясен): Z_тверд= 2.8 text м^3 / (textratimes textрік). 3.М'яколистяні та інтродуковані насадження (акація біла, тополя, чагарники): Z_м'як= 3.5 text м^3 / (textratimes textрік). Розподілимо загальну площу чистих втрат покритих лісом земель (5357 га - верифікована ГІС-генерація з таблиці 2.4) відповідно до фактичного породного домінування в зонах втрат: Частка хвойних порід: 45% rightarrow S_хвій_пот= 2410.65 га. Частка твердолистяних порід: 25% rightarrow

S_тверд_пот= 1339.25 га. Частка м'яколисткових та акацієвих порід: 30% rightarrow S_м'як_пот= 1607.10 га.

5.4.2. Поетапний розрахунок натуральних обсягів втрат

Підставимо числові значення в математичну модель з кожної групи порід.

Етап 1: Розрахунок за хвойною секцією V_хвій= 2410.65 text гatimes 4.2 fractextм^3textгatimes textріктimes 5 text років= 50,623.65 text м^3

Етап 2: Розрахунок по твердолистій секції V_тверд= 1339.25 text гatimes 2.8 fractextм^3textгatimes textріктimes 5 text років= 18,749.50 text м^3

Етап 3: Розрахунок за м'яколистковою/акацієвою секцією V_м'як= 1607.10 text гatimes 3.5 fractextм^3textгatimes textріктimes 5 text років= 28,124.25 text м^3

Етап 4: Визначення інтегрального недоотриманого обсягу V_загальний_недопол = V_хвій+ V_тверд+ V_м'як V_загальний_недопол= 50,623.65 + 18,749.50 + 28,124.25 = 97,497.40 text м^3

Таким чином, через фізичне скорочення лісових площ екосистеми Дніпропетровської області за 5 років недоотримають майже 97.5 тис. кубічних метрів молодої деревини, що росте.

5.4.3. Економічна (грошова) оцінка збитків

Для конвертації природних втрат зростання в грошовий еквівалент ми використовуємо ринкову вартість знеособленого круглого кубометра деревини на вітчизняному аукціонному ринку Дніпропетровської області. Станом на поточний період 2026 року середньозважена ціна становить 2100 грн за кубічний метр. Формула грошового збитку (LossGain, UAH):

loss= V_total *unsplitразів Q*ref[27]

Lossgain= 97, 497.40 text m3 раз 2100 frac textUAHtextUAH3= 204, 744, 540 text UAH

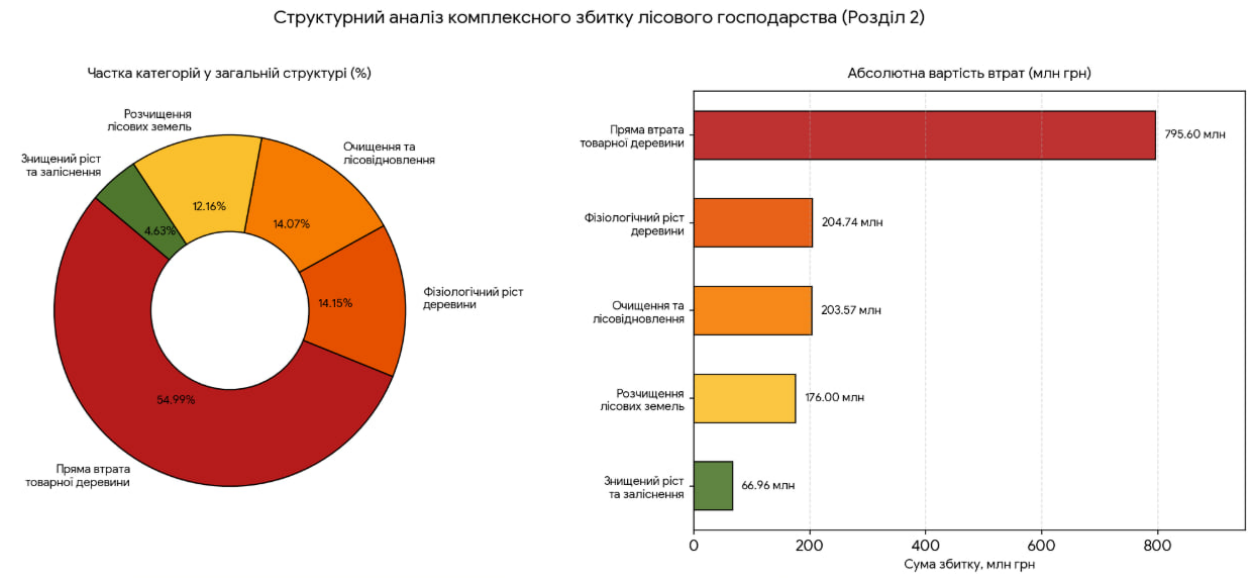


Рисунок 5.4. Зведений виклад структури екологічного збитку від зміни лісових ресурсів Дніпропетровської області (2022-2026)

Загальний економічний збиток, як раз за факторами динаміки запасів лісу, вивченими в цьому розділі, перевищує 1, 44 млрд гривень. Це підкреслює, що зміна лісових ресурсів Дніпропетровської області під час воєнного стану є глибокою екологічною та економічною кризою, подолання якої потребуватиме десятиліть цілеспрямованих відновлювальних робіт та величезних інвестицій.

6 ФАКТОРИ ДЕГРАДАЦІЇ ЕКОСИСТЕМ І СТРАТЕГІЯ ЇХ ПОСТВОЄНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

6.1. Вплив безпосередніх бойових дій на лісові насадження

6.1.1. Механічні пошкодження деревостанів осколками та вибуховими хвилями: глибокий патологічний аналіз

Прямий механічний вплив сучасних засобів ураження на лісові біоценози Дніпропетровської області має безпрецедентний характер. На відміну від природних факторів порушень (таких як ураганні вітри, заледеніння або сніголоми), фактори військового генезису, що вражають, діють миттєво, комплексно і з колосальною концентрацією кінетичної та теплової енергії на одиницю площі. У лісівничій практиці та лісовій патології наслідки таких впливів класифікуються за суворою ієрархічною шкалою деструкції, де кожен рівень спричиняє каскад деградаційних процесів у фітоценозі.[29]

Феномен миттєвої деструкції та суцільного вивалу

У радіусі безпосереднього падіння і детонації важких артилерійських снарядів (калібром 122, 152 і 155 мм), реактивних снарядів систем залпового вогню («Град», «Ураган», «Смерч»), а також бойових частин тактичних ракет і важких ударних ракет. покриву. Швидкість поширення детонаційної хвилі вимірюється тисячами метрів в секунду, а надмірний тиск, що виникає, в епіцентрі повністю руйнує опір деревини будь-якого віку і породи.

Для соснових насаджень Новомосковської та Дніпровської філій, які здебільшого представлені монокультурами сосни звичайної (Pinussylvestris), цей

удар є фатальним. Сосна, володіючи високим і струнким стволом з відносно поверхневим (на піщаних ґрунтах з близьким заляганням ґрунтових вод) або стрижневим, але заякореним у сухих пісках коренем, під час проходження ударної хвилі піддається двом типам деформації:

Буреллом (перелом стовбура): Відбувається у випадках, коли динамічний тиск перевищує межу міцності деревини на вигин. Стовбури ламаються на висоті від 0,5 до 3 метрів від поверхні землі. При цьому волокна деревини розриваються із значним поздовжнім розщепленням. Утворюються так звані «тріски-списи», довжина яких може досягати кількох метрів. Такі залишки стволів повністю непридатні для промислової розкряжування і становлять смертельну небезпеку при подальшому розборі завалів.

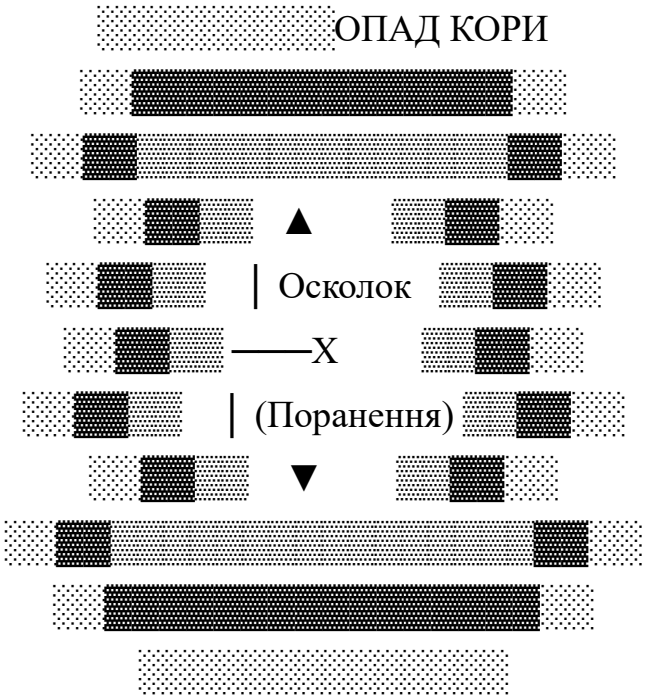
Ветровал (виворіт з коренем): Зустрічається на місцях, де грунт достатньо вологий (наприклад, у лісах на заплавах рік Самара та Орель).[22]Сильний динамічний удар вибирає дерево разом із кореневою групою (ризосферою) з грунту. Радіус вивернутих коренів може бути до 3–5 метрів у ширину. Виворот коренів призводить до повного зруйнування структури грунту, оголення підлоги, яка складається з кварцевих пісків або суглинків, та припинення існування живого грунту.

Уламкове шражування та його фізіологічна луна

На значній відстані від точки вибуху (від 25 до 250 метрів) основним деструктивним фактором стає осколковий потік. Сучасні боєприпаси формують тисячі висококінетичних уламків із рваними краями та температурою, що перевищує сотні градусів за Цельсієм. Потрапляючи в стовбури дерев, що ростуть, ці елементи викликають специфічну патологію — військове шражування деревостою.

ПОПЕРЕЧНИЙ РОЗРІЗ ПОШКОДЖЕНОГО СТВОЛА [30]

(схема метаболічних блоків)



[Зона камбіального некрозу] ⟶ Блокада низхідного струму флоеми ⟶ Відмирання коріння

Фізіологічний механізм подальшої загибелі дерева, що шражує, протікає за наступним сценарієм:

1. Розрив флоемно-камбіального кільця: Уламок пробиває зовнішню захисну тканину - кірку (перидерму) - і проникає через луб (флоему) в камбіальну зону. Камбій є єдиною освітньою тканиною, за рахунок якої дерево росте в товщину і формує судини, що проводять. Рвана рана камбію площею понад 100 кв. см призводить до локального припинення поділу клітин. Якщо дерево отримує множинні поранення по всьому периметру кола стовбура (кругове або напівкругове поразка), відбувається повна блокада низхідного струму органічних речовин (цукров, вуглеводів), що йдуть від асиміляційного апарату крони до кореневої системи. Коріння починає відчувати вуглеводне голодування і поступово відмирає.

2.Порушення ксилемного (висхідного) струму: Проникаючи глибше в заболонь (активну провідну частину деревини), уламки розривають трахеїди (у

хвойних) і судини (у листяних порід). Всередину провідної системи проникає атмосферне повітря, викликаючи явище емболії (закупорки) судин. Водний потенціал порушується, і висхідний струм мінеральних розчинів від коріння до хвої припиняється або різко сповільнюється. Листяні або хвойні гілочки, розташовані вище зони пошкодження, починають відчувати гострий дефіцит вологи навіть при її достатку в грунті, що візуально проявляється в суховершинності та поступовому усиханні крони.

3.Хронічний термічний і токсичний шок: Розпечений метал уламка при зіткненні з живими тканинами дерева викликає миттєву коагуляцію білків цитоплазми у прилеглих клітинах. Формується зона прихованого некрозу, яка за площею в 3-5 разів перевищує геометричні розміри самого уламка. Крім того, хімічні елементи, що входять до складу сплаву уламків (мідь, свинець, сурма, залізо), під впливом органічних кислот деревного соку починають повільно окислюватися, отруюючи суміжні живі тканини рослинного організму.

Контузія крон та аеродинамічний зрив асиміляційного апарату

Проходження баричної (ударної) хвилі через полог лісу супроводжується різким стрибком атмосферного тиску з подальшим утворенням зони сильного розрідження (вакууму). Цей фізичний процес надає руйнівний вплив на архітектоніку крони:

Дефоліація та дехвоящія: Листя листяних порід (дуба черешкового, ясеня зеленого, акації білої) зриваються разом із черешками за рахунок зрізуючого зусилля повітряного потоку. Хвоя сосни, що володіє більшою аеродинамічною обтічністю, проте масово опадає через різкі вібраційні коливання гілок. Втрата понад 50% асиміляційного апарату у вегетаційний період (травень-серпень) повністю зупиняє процеси фотосинтезу. Дерево змушене витрачати резервні поживні речовини (крохмаль), запасені в серцевинних променях стовбура, що призводить до критичного виснаження організму на початок зимового періоду спокою.

Злам скелетної структури: Ламаються гілки першого та другого порядків, що формують каркас крони. В результаті крони набувають асиметричної, потворної форми. Порушується світлова мозаїка лісового пологу. Під полог лісу починає проникати надмірна кількість сонячної радіації, що в умовах степу призводить до прискореного висушення лісової підстилки та активізації злакової бур'янів (пирію, вейника), яка пригнічує природне відновлення деревних порід.

6.1.2. Хімічне та токсичне забруднення лісових ґрунтів компонентами боєприпасів: екотоксикологічний моніторинг

Хімічний слід війни є прихованим, але найдовшим терміном деградації лісових екосистем Дніпропетровської області. Лісові ґрунти, особливо розвинені під віковими дібровами та заплавними фітоценозами, характеризуються високою потужністю гумусового горизонту та розвиненим поглинаючим комплексом. Потрапляючи в таке середовище, продукти детонації та метаболізму вибухових речовин включаються до біогеохімічних циклів, трансформуючи нормальне функціонування підземної частини лісового біоценозу.

Спектр важких металів та їх міграція у ґрунтовому профілі

При розриві боєприпасу в довкілля розсіюється широкий спектр хімічних елементів, концентрація яких у природних умовах степових ґрунтів мізерно мала. Основну небезпеку становлять свинець (Pb), кадмій (Cd), сурма (Sb), нікель (Ni) та марганець (Mn).

Процес їх інтеграції у ґрунтову систему протікає за такими етапами:

Ланцюжок трофічного переходу токсикантів

| Детонація снаряду, | ⟶ | Абсорбція гумусовим | ⟶ | Розчинення кислими | | викид дрібнодисп. Pb | | горизонтом ґрунтів |

Кумуляція в листі/ │ <── │ Транспорт по судинах │ <── │ Поглинання мікоризою │

│ деструкція хлорофілу│ │ ксилеми в крону

У лісових ґрунтах, на відміну від орних земель, відсутня щорічний оборот (оранка), тому всі важкі метали, що випали, концентруються в самому верхньому, біологічно активному шарі — лісовій підстилці (A_0) і гумусово-акумулятивному горизонті (A_1). Тут вони вступають у взаємодію з фульвокислотами та гуміновими кислотами, утворюючи органомінеральні комплекси. З одного боку, це знижує їхню миттєву рухливість, але з іншого — створює довготривале депо токсичності безпосередньо в зоні максимального залягання коренів дерев, що всмоктують, і трав'янистих рослин.

Токсикоз ґрунтової біоти та руйнування мікоризного симбіозу

Високі концентрації важких металів і залишків вибухових речовин, що не здетонували (переважно 2,4,6-тринітротолуолу, більш відомого як тротил, і гексогену) надають стерилізуючий вплив на грунтову мікрофлору. Тротил є потужним антисептиком та цитотоксикантом. Потрапляючи в ґрунтовий розчин, він викликає загибель азотфіксуючих та нітрифікуючих бактерій. В результаті процеси амоніфікації та нітрифікації у лісовому ґрунті сповільнюються у 4–6 разів. Ліс починає відчувати глибокий азотний голод і натомість загального присутності елемента у грунті, оскільки він перебуває у недоступних засвоєння органічних формах. Ще катастрофічнішим є руйнація мікоризи. Сосна звичайна, як більшість хвойних порід, є облігатним микоризообразователем. Симбіоз коренів дерева з гіфами базидіальних грибів збільшує всмоктувальну поверхню кореневої системи у сотні разів, забезпечуючи дерево вологою та дефіцитним фосфором у посушливі періоди. Токсичні компоненти порохових газів та важкі метали вибірково вражають грибний міцелій. Гіфи гриба відмирають, коріння сосни оголюються, покриваються суберіновою (пробковою) тканиною і втрачають здатність всмоктувати меніскову воду з тонких пор піщаного

субстрату. Насадження переходять у стан перманентного фізіологічного усихання, яке може бути компенсовано навіть рясними опадами.

6.1.3. Руйнування гідрологічного режиму лісових земель та деформація рельєфу: геоморфологічний зсув

Лісові масиви Дніпропетровської області виконують найважливішу гідрологічну та протиерозійну функцію. Вони виступають у ролі природного регулятора поверхневого стоку, переводячи його у внутрішньоґрунтовий та ґрунтовий. Техногенний вплив військової техніки та фортифікаційне перевлаштування лісових ландшафтів призводять до корінної перебудови гідрологічного балансу територій.

Механічне переущільнення ґрунтів важкої технікою

Прохід танків, самохідних артилерійських установок (САУ) та багатовісних вантажних автомобілів вагою від 15 до 60 тонн поза обладнаними дорогами завдає лісовому ґрунту непоправної шкоди. Під впливом колосального статичного та динамічного тиску гусениць та шин відбувається руйнування макро- та мікроагрегатів ґрунту.

Параметри трансформації фізичних властивостей ґрунту при переущільненні включають:

Падіння шпаруватості (пористості): Обсяг пір, заповнених повітрям та водою, зменшується з оптимальних 50–55% до критичних 18–22%. Ґрунт спресовується до стану, близького до густини бетонної плити.

Зростання об'ємної маси: Щільність твердої фази ґрунту зростає з 1,1–1,2 г/кв. див до 1,7-1,9 г/кв. см. За таких показників механічний опір ґрунту перевищує пробивну здатність зростаючого коріння (>2,5 МПа). Коріння дерев не може прорости крізь ущільнений шар і починає розвиватися виключно в горизонтальній площині над зоною ущільнення, що робить дерево вкрай нестійким до вітровалу.

Ліквідація інфільтраційної здатності: Вода атмосферних опадів більше не може проникати вглиб ґрунтового профілю. На місці технологічних треків та колій утворюються застійні зони поверхневих вод, які не просихають тижнями. У цих зонах розвиваються анаеробні процеси, відбувається закисання ґрунту, відновлюються сполуки заліза (утворюється глей), що є токсичним для деревної рослинності.

ПРОФІЛЬ ґрунту в зоні військової колії

Поверхневий застій води ⟶ [~~~~ ВОДА ~~~~] ⟵ Знищена підстилка

Зона надщільності ⟶ ⟵ Об'ємна маса 1.9 г/см³

Анаеробний горизонт ⟶ [ГЛІЄВИЙ ШАР] ⟵ Токсичне закисне залізо

Сухий підстилаючий шар ⟶ [Висушені піски] ⟵ Перервано капілярну підтоку

Вирви від вибухів як штучні гідрологічні депресії

Кожна велика вирва від розриву снаряда або ракети є техногенною негативною формою рельєфу, глибина якої часто перевищує глибину залягання першого від поверхні водоносного горизонту. В умовах заплави Самари чи Орелі це призводить до миттєвого гідродинамічного прориву. Вирва заповнюється ґрунтовою водою, перетворюючись на локальне техногенне озеро.

Цей процес має виражені негативні екологічні наслідки:

Радіальний дренажний ефект: Воронка починає працювати як дренажний колодязь, що відкачує воду з навколишніх ґрунтових горизонтів. Рівень ґрунтових вод у радіусі від 50 до 300 метрів навколо вирви падає на 0,5–1,5 метра. Середньовічні діброви та сосняки, коренева система якої була адаптована до конкретного рівня стояння капсулярних вод, миттєво виявляються в зоні штучної посухи. Листя починає жовтіти і опадати вже в середині червня.

Активація лінійної ерозії**:** Якщо лійка утворюється на схилі балочної системи (що характерно для ландшафтів Криворізького та Синельниківського

районів), вона порушує цілісність схилу. Під час інтенсивних злив стік води концентрується у напрямку воронки, розмиваючи її краї. Відбувається стрімкий обвал бортів, і лійка дає початок новому яру, що розрізає лісовий масив, знищуючи технологічні дороги і квартальні просіки.

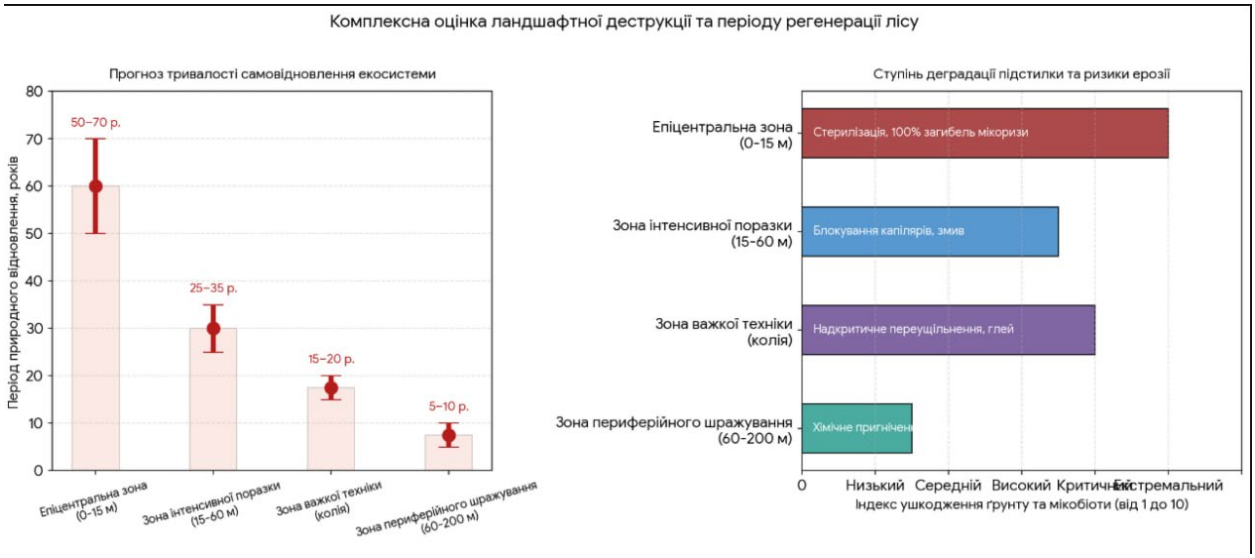


Рисунок 6.1. Розгорнута матриця деструктивної дії бойових дій на компоненти лісових насаджень по зонах ушкодження

6.2. Пирогенна небезпека: аналіз лісових пожеж та їх екологічних наслідків

6.2.1. Специфіка лісових пожеж в умовах воєнного стану: системна криза пожежогасіння

Лісові пожежі у Степовій зоні завжди класифікувалися як надзвичайні ситуації високої категорії небезпеки через дефіцит атмосферної вологи та високу вітрову активність регіону. Проте лісові пожежі, зафіксовані у Дніпропетровській області у період з 2022 по 2026 рік, набули якісно нових,

катастрофічних параметрів, зумовлених накладенням факторів ведення бойових дій на специфіку лісокультурного фонду.

Фактор замінованості та параліч наземних сил гасіння

Головною та найбільш трагічною відмінністю військових лісових пожеж є практично повне блокування класичних алгоритмів оперативного гасіння. У мирний час при виявленні вогнища загоряння за допомогою лісопожежних веж або систем відеоспостереження час прибуття першого пожежного розрахунку становив не більше 15–20 хвилин. Боротьба з вогнем будувалася на принципі запобіжної локалізації: трактори з плугами прокладали мінералізовані смуги, відсікаючи вогонь від основного масиву, а пожежні автомобілі робили заливку кромки пожежі водою або розчинами, що вогнегасили.

У сучасних умовах цей алгоритм зруйновано: Мінний заслін: Околиці лісових масивів, просіки, протипожежні розриви та дороги в багатьох районах області (особливо на південних та східних напрямках) замінновані або містять касетні елементи боєприпасів, що не розірвалися. Захід важкого лісопожежного трактора або прохід пожежних піших розрахунків углиб лісу неможливий через смертельний ризик життя особового складу. Ефект вторинної детонації: При нагріванні лісової підстилки низовим вогнем відбувається тепловий підрив мін, снарядів і патронів, що не розірвалися, що знаходяться в грунті. Ліс, що горить, перетворюється на зону хаотичного обстрілу. Пожежні команди відомчої лісової охорони та ДСНС змушені відходити на безпечну відстань (до кількох кілометрів) і займати позицію пасивного очікування, дозволяючи вогню знищувати цілі лісові квартали доти, доки він не вийде до великих природних перешкод — річок, автошляхів з широких паток з широкими пахами.

Анатомія переходу низової пожежі до верхової

Через затримку початку гасіння низові пожежі слабкої інтенсивності (висота полум'я до 0,5 метра) протягом 1–2 годин переростають у низові пожежі високої інтенсивності, а потім у верхові. Цьому сприяє структура лісового

фонду області. Більше половини лісів - це штучні соснові посадки 50-70-х років минулого століття з високою повнотою насаджень (0,7text-0,8).

Механізм вертикального поширення полум'я включає такі фактори:

1.Наявність «паливних мостів»: Внаслідок скорочення обсягів лісогосподарських доглядів під пологом лісу накопичився значний обсяг сухих гілок (захаращеність), а також розвинувся густий підліт листяних порід та підлісок з бузини та жостеру. Ці елементи формують безперервну вертикальну паливну масу від лісової підстилки до нижніх гілок першого ярусу сосни.

2.Пирогенна конвекція: Висока температура низового вогню (>600^circ C) створює потужний висхідний потік гарячого повітря та газів. Цей потік миттєво висушує хвою в кронах дерев, випаровуючи з неї ефірні олії та вологу. Хвоя переходить у стан надзаймистості.

Вибухова верхова пожежа: Вогонь перекидається на крони. Швидкість просування фронту верхової пожежі при степовому вітрі може досягати 15text–25 км/год. Температура в осередку піднімається до 1000text–1200^circ C. За таких умов вигоряє не тільки органіка, а й плавляться мінеральні елементи ґрунту, а розпечені іскри та шишки перекидаються вітром на 300–500 метрів вперед по ходу руху, створюючи нові хаотичні осередки горіння і повністю оточуючи ділянки лісу, що вижили.

6.2.2. Фізіологічні наслідки пожеж для деревостанів: патогенез послаблення

Дерева, що вижили після проходження низової пожежі, зазнають глибоких патологічних змін, які в лісівництві класифікуються як постпірогенний синдром. Візуально-зелений ліс через кілька місяців починає масово усихати, що пов'язано з глибинними порушеннями анатомічних структур рослинного організму.

Термічний опік кореневої системи та кореневої шийки

При низовій пожежі основна теплова енергія передається радіально основи стовбура і через ґрунт — поверхнево розташоване коріння. Товста кірка у старих сосен (товщиною 3-5 см) здатна захистити камбій від короткочасного прогріву. Однак у середньовікових насаджень та молодняків, а також у більшості листяних порід коровий захист мінімальний.

Тривале тління товстого шару лісової підстилки довкола стовбура призводить до тривалого температурного впливу. При прогріванні тканин вище 55text–60^circ C відбувається денатурація клітинних білків. Живі клітини камбію, флоеми та луб'яної паренхіми гинуть, утворюючи сухобочини (дільниці відмерлого стовбура). Якщо опік охоплює понад 70% кола кореневої шийки, дерево втрачає здатність здійснювати вуглеводний обмін між кроною та корінням.

Обпалене скелетне коріння втрачає свою захисну перидерму, через яку в деревину миттєво проникають ґрунтові патогени, в першу чергу — суперечки кореневої губки (Heterobasidion annosum), що викликає білу гниль коренів і подальший масовий вітровик.

Параліч смоливидільних систем хвойних

Природною та найбільш ефективною захисною реакцією хвойного дерева на будь-які механічні ушкодження чи спроби впровадження шкідників є виділення живиці (смоли). Живиця знаходиться у смоляних ходах під високим внутрішнім тиском (до 10–12 атмосфер). При спробі короїда прогризти кору, дерево заливає його смолою, нейтралізуючи загрозу.

Після пірогенного стресу смоливидільна система паралізується: Висока температура руйнує епітеліальні клітини, що вистилають смоляні ходи. Смола втрачає свою плинність, густіє і кристалізується безпосередньо всередині стовбура.

Внутрішній смоляний тиск падає до нуля. Дерево стає абсолютно беззахисним перед стовбуровими шкідниками. Вже через 2–3 тижні після пожежі за запахом монотерпенів (летючих сполук, що виділяються деревом, що

гине) на згарищі злітаються міріади комах-ксилофагів. Першу хвилю атаки формують великий і малий соснові лубоїди (Tomicuspiniperda, Tomicusminor). Вони прогризають вхідні отвори у зоні обпаленої кори та відкладають яйця під луб. Вилуплені личинки виїдають маткові та личинкові ходи, повністю знищуючи залишки живої флоеми. За ними слідує друга хвиля - синя соснова златка (Phaenops cyanea) і чорний сосновий вусач (Monochamus galloprovincialis), чиї личинки йдуть глибоко в деревину, проробляючи там великі отвори і перетворюючи ділову деревину в дрова, уражений діловою деревиною і дрова.

6.2.3. Деградація лісових ґрунтів та пірогенне опустелювання: довгострокові збитки

Ґрунт лісових екосистем Степу – це тонкий збалансований механізм. Лісова підстилка, що формується з опаду хвої, листя та гілочок, виконує роль «ковдри» та «губки». Її знищення вогнем запускає безповоротний процес пірогенної деградації земель.Вигоряння органічної речовини та руйнування структури ґрунтівУ процесі інтенсивної лісової пожежі температура поверхні грунту досягає критичних величин. При цьому повністю згоряє не лише підстилка, а й вигоряє гумус (гумінові речовини) у верхніх 5-10 сантиметрах мінерального горизонту. Гумус забезпечує склеювання піщин у структурні агрегати. Без нього грунт втрачає зв'язність, перетворюючись на безструктурний сипучий субстрат.

Термічна дія призводить до зміни фізико-хімічних властивостей мінеральної частини**:**

Формування гідрофобного (водовідштовхувального) шару: При згорянні органіки рослинного походження утворюються специфічні газоподібні органічні сполуки. Вони проникають углиб сухого ґрунту і конденсуються на поверхні піщин, покриваючи їх тонкою маслянистою плівкою. В результаті

ґрунт набуває яскраво виражених гідрофобних властивостей. Вода від рідкісних степових дощів більше не може вбиратися; вона скочується поверхнею, викликаючи катастрофічний змив залишків родючого шару.

Різка зміна кислотності (pH): Згоряння рослинності призводить до одномоментного надходження на поверхню ґрунту величезної кількості зольних елементів (калію, кальцію, магнію). Це викликає різке зрушення реакції ґрунтового розчину із слабокислою або нейтральною у бік сильної лужної (pH зростає з 6,2 до 8,5–9,0). Таке різке залужування є токсичним для насіння деревних порід, що проростає, і повністю блокує доступність для рослин мікроелементів (заліза, цинку, бору).

6.3. Антропогенне навантаження та незаконне лісокористування в умовах обмеженого контролю

6.3.1. Депресія контрольно-охоронних функцій лісової лісоохорони: інституційний вакуум

Ослаблення державного контролю за станом природного середовища у період дії військового стану створило передумови для різкого зростання антропогенного навантаження на лісові масиви Дніпропетровської області. Структурна перебудова лісової галузі, що виразилася у ліквідації локальних лісгоспів та створенні єдиного ДП «Ліси України» з укрупненими філіями, збіглася за часом із запровадженням жорстких обмежень воєнного часу, що призвело до зниження оперативної ефективності лісоохоронних інститутів.

Мобільний дефіцит та територіальні обмеження патрулювання

Робота державної лісової охорони (майстрів лісу, лісничих) історично базувалася на регулярному об'їзді довірених обходів. Середня площа обходу у

Степовій зоні становить близько 800–1200 га. В умовах військового стану лісоохорона зіткнулася з такими факторами, що дестабілізують:

Лімітування паливних ресурсів: Основний обсяг паливно-мастильних матеріалів централізовано спрямовується на забезпечення першочергових оборонних та аварійно-рятувальних потреб області. Ліміти палива для лісогосподарських філій були урізані на 60-70%, що знизило частоту патрулювання далеких лісових кварталів до 1-2 разів на місяць замість нормативних кількох разів на тиждень.

Заборонені зони та мінні ризики: Значна частина лісових площ, прилеглих до стратегічних об'єктів, мостів, ліній оборони та узбережжя Каховського водосховища, закрита для відвідування навіть для працівників державної лісоохорони. Відсутність фізичної присутності лісових у цих зонах створює ідеальні умови для діяльності кримінальних елементів.

Комендантська година як прикриття: Введення комендантської години парадоксальним чином зіграло на руку організованим групам «чорних лісорубів». Рух цивільного транспорту вночі заборонено, правоохоронні органи зосереджені на блокпостах та охороні критичної інфраструктури в населених пунктах, а лісові масиви залишаються повністю безконтрольними в нічний час, коли відбувається до 85% усіх комерційних незаконних рубок.

6.3.2. Соціально-економічні передумови та структура незаконних рубок: кримінальна таксація

Незаконне вилучення деревини з лісових екосистем області перестало носити характер випадкових поодиноких правопорушень і переросло у структурований тіньовий сектор економіки, що підживлюється енергетичною кризою та падінням рівня доходів населення.

КЛАСИФІКАЦІЯ НЕЗАКОННИХ РУБОК

ПОБУТОВИЙ СЕКТОР		КОМЕРЦІЙНИЙ СЕКТОР
• Суб'єкти: сільське населення		• Суб'єкти: мобільні бригади
• Знаряддя: ручні бензопили		
• Ціль: дрова для опалення		• Мета: дуб, ясен під розпил
• Локація: околиці, лісосмуги		• Локація: глиб Самарського бору

Анатомія побутових самовільних порубок

Цей сегмент формується жителями сільських районів та передмість великих міст (Дніпра, Кривого Рогу, Кам'янського, Павлограда). Головний стимул – страх перед зимовим промерзанням житла в умовах руйнування централізованої енергосистеми. Сільське населення вирубує деревину у безпосередній близькості від своїх населених пунктів (радіус до 2–3 км).Об'єктом заготівлі стають найбільш теплотворні породи. Абсолютним лідером тут є біла акація (робінія лжеакація). Її деревина має унікальну властивість: вона здатна горіти навіть у сирому, свіжозрубаному вигляді, виділяючи колосальну кількість тепла (~2300ккал/кв.м).

Рубка ведеться хаотично: спилюються дерева найбільш зручного для ручної заготівлі діаметра (16-24 см). При цьому пні залишаються високими (до 50-70 см від землі), що свідчить про поспіх порушників. Така рубка не призводить до повного знищення пологу, але повністю дезорганізує структуру насадження, перетворюючи впорядковані захисні лісосмуги на зріджені, порослеві, що втрачають свою вітроломну функцію напівчагарникові чагарники.

Організовані комерційні рубки: знищення генетичного фонду

Це високоприбутковий кримінальний бізнес із чітким поділом праці та технічним оснащенням промислового рівня. Групи використовують потужні

безшумні імпортні бензопили зі спеціальними ланцюгами, гідроманіпулятори для швидкого навантаження колод та вантажний транспорт підвищеної прохідності (ЗІЛ-131, УРАЛ), здатний пересуватися глибокими пісками поза дорогами. Кримінальна таксація спрямована виключно на стиглі дерева дуба черешчастого (Quercus robur) і ясеня звичайного (Fraxinus excelsior). Вирубуються найкращі екземпляри - так звані ділові стовбури: рівні, повнодерев'яні, без видимих вад і сучків у нижній (комлевій) частині, діаметром від 36 до 60 см.

Наслідки таких рубок мають катастрофічний селекційний характер:

З популяції вилучаються найкращі генотипи, що мають найвищу енергію росту та стійкість до посухи.

На корені залишаються хворі, криві та фаутні дерева, які стають джерелом насіння для майбутнього покоління, що веде до генетичної деградації дібрів Наддніпрянщини.

У місцях проведення таких рубок залишаються гори неочищених порубочних залишків (гілок, вершин), які засихають і перетворюються на ідеальний горючий матеріал, що провокує виникнення нових лісових пожеж при найменшій іскрі.

6.4. Стратегія відновлення та мінімізації збитків лісовому фонду

6.4.1. Пріоритетність та етапи післявоєнного лісовідновлення: наукове обґрунтування рекультивації

Відновлення лісових ресурсів Дніпропетровської області у післявоєнний період не може бути зведене до банальної щорічної посадки стандартних сіянців. Враховуючи екстремальні умови деградації ґрунтів, наявність мінної небезпеки та загальні кліматичні зміни у бік аридизації Степової зони, потрібне

впровадження довгострокової науково обґрунтованої стратегії, розрахованої на десятиліття безперервної скоординованої роботи.

Етап 1. Гуманітарне та технічне демінування: запорука безпеки

Будь-яка лісогосподарська діяльність апріорі виключена на територіях, які не отримали офіційного міжнародного сертифікату безпеки від органів розмінування.

Процес демінування лісових масивів має власну специфіку, що ускладнює роботу:

Щільний дерев'яний ярус виключає можливість використання механізованих комплексів розмінування на базі важких танкових шасі, оскільки вони знищують дерева, що вижили. Розмінування може проводитися тільки вручну саперами з використанням металодетекторів та спеціально навчених собак. Висока насиченість ґрунту металевими осколками снарядів створює помилкові сигнали для приладів, знижуючи швидкість проходження території пошуковими групами до кількох десятків квадратних метрів на день на одного сапера. Першочерговому розмінуванню повинні підлягати ділянки загиблих хвойних насаджень (гарі) на легких піщаних ґрунтах. Якщо не провести їх розчищення та посадку протягом перших 2-3 років після пожежі, відбудеться незворотна втрата ґрунтової родючості через видування піску (активізація рухомих барханів).

Етап 2. Лісопатологічна санація та розчищення гарів

Після отримання сертифікату безпеки лісопатологічні лабораторії проводять суцільну інвентаризацію пошкоджених кварталів. Усі дерева поділяються на категорії життєздатності за шкалою Санітарних правил у лісах. Насадження, віднесені до 5-ї та 6-ї категорій (усихаючі та загиблі), призначаються в суцільну санітарну рубку. Технологія розчищення має мінімізувати пошкодження верхнього шару ґрунту. Забороняється використання важких трелювальних тракторів, що викликають здирання залишків гумусового шару. Очищення лісосік від порубочних залишків повинно проводитися

методом подрібнення гілок у тріску за допомогою мобільних шредерів з подальшим розкиданням тріски по поверхні ґрунту. Це створить штучну мульчу, що захищає ґрунт від перегріву та висушення.

АРХІТЕКТУРА СТІЙКОГО ПОСТВОЄНОГО ЛІСУ

(Схема змішування порід у рядах)

[ряд 1] ═══════ Сосна звичайна (Pinus sylvestris) ──> Хвойна основа

[ряд 2] ═══════ Сосна звичайна (Pinus sylvestris)

[ряд 3] ═══════ Сосна звичайна (Pinus sylvestris)

[Ряд 4] ─── Дуб черешковий (Quercus robur) ──> Вогнетривкий буфер

[Ряд 5] ─── Ясен звичайний (Fraxinus excelsior)──> Мікоризний донор

[ряд 6] ═══════ Сосна звичайна (Pinus sylvestris)

Етап 3. Агротехнічне проектування нових пожежостійких лісів

Головна стратегічна помилка лісівників минулого століття у Степовій зоні полягала у створенні чистих монокультур сосни звичайної на величезних площах без листяних розривів. Такі ліси ідеальні з погляду таксаційної продуктивності, але абсолютно нестабільні екологічно: вони миттєво згоряють від верхових пожеж і вражаються шкідниками. Нова парадигма лісорозведення базується на принципах ландшафтного розмаїття:

1.Перехід на посадковий матеріал із закритою кореневою системою (ЗКС): Сіянці сосни та дуба повинні вирощуватись у спеціалізованих лісових розсадниках у пластикових контейнерах (інтенсивна технологія з використанням торф'яних субстратів та пролонгованих добрив). Приживання сіянців із ЗКС у сухому степу становить 95–98%, тоді як сіянці з відкритим коренем у посушливі роки приживаються лише на 40–50%.

2.Впровадження жорстких схем змішування порід: На піщаних землях створюються хвойно-листяні культури. На кожні 3–4 ряди сосни звичайної проектується 2 ряди листяних порід — дуба черешчатого, берези повислої або акації білої. Листяні ряди виконують роль природного заслону (куліси). Хвоя

листяних порід не містить смоли та не підтримує верхове горіння, що дозволяє зупинити верхову пожежу на ранній стадії. Крім того, опад листяних порід швидше розкладається, збагачуючи ґрунт азотом і знижуючи його кислотність.

6.4.2. Модель необхідних інвестиційних витрат: математико-економічне обґрунтування

Масштабне екологічне відновлення регіону потребує безпрецедентних капіталовкладень, які мають бути чітко прораховані на основі поточних нормативів витрат лісокультурного виробництва з урахуванням специфіки воєнного стану. Для комплексного розрахунку сукупних інвестицій (Z_заг, грн) використовується розширене рівняння багатофакторного фінансового планування:

Z_заг= sum_i=1^nS_i times left(C_дем+ C_сан+ C_підг+ C_пос+ sum_t=1^5C_догляд(t)right) де: S_i — площа конкретної лісокультурної ділянки, яка потребує рекультивації, га;

C_дем— витрати на проведення суцільного гуманітарного розмінування території, грн/га;

C_сан— вартість проведення санітарних рубок, корчування пнів та утилізації залишків, грн/га;

C_підг— вартість механізованої підготовки ґрунту (нарізка борозен спеціальними плугами), грн/га;

C_пос— вартість закупівлі посадкового матеріалу (сіянців із ЗКС) та витрати на оплату праці лісокультурних робітників, грн/га;

C_догляд(t)— дисконтовані витрати на проведення агротехнічних доглядів (ручний догляд у рядах, механізоване дискування міжрядь) у t-й рік вирощування до моменту переведення культур у вкриту лісом площу.

Розрахунок складових фінансової моделі

1.Витрати на демінування (С_дем): Є найбільш варіативною частиною. Відповідно до середніх ринкових котирувань міжнародних операторів розмінування, які працюють в Україні у 2025–2026 роках, базова вартість очищення одного гектара лісу середньої густоти становить 55 000 грн. У цю вартість входить оплата праці саперів, оренда металодетекторів, використання кінологічних комплексів та страхові внески.

2.Витрати на санацію (С_сан): Включають валку сухостійних стволів, розкряжування, трелювання до проміжних складів і мульчування гілок. З урахуванням часткової компенсації витрат за рахунок реалізації отриманої дров'яної деревини місцевому населенню чисті витрати становлять 22 000 грн/га.

3.Витрати на посадку (С_пос): Нормативна густота посадки змішаних культур у Степу становить 3,3 тисяч штук сіянців на 1 гектар (схема посадки 3,0 м times 1,0 м).

Вартість одного сіянця сосни із ЗКС у цінах 2026 року становить 4,50 грн, дуба — 6,00... Середньозважена вартість посадкового матеріалу на гектар — 16 500 грн. Вартість механізованої посадки із залученням лісопосадкових машин СЛН-1 та ручної досадки – 18 000 грн/га. Сумарно з підготовкою ґрунту етап обходиться у 42 000 грн/га.

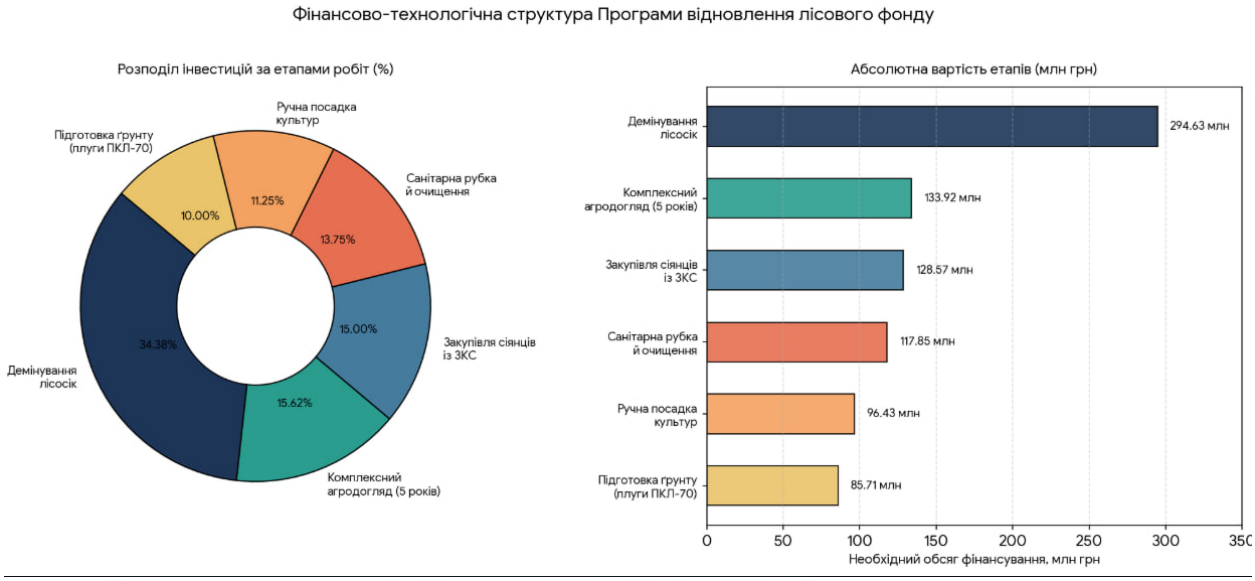


Рисунок 6.4. Розрахунок нормативних витрат за реалізацію комплексної стратегії лісовідновлення Дніпропетровської області

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є обов'язковим елементом будь-якої професійної діяльності, зокрема дослідницької роботи, використання комп’ютерної техніки та аналізу даних. Метою охорони праці є забезпечення безпеки життя та здоров’я працівника, а також мінімізація ризиків виникнення нещасних випадків і професійних захворювань. У межах цієї роботи передбачається використання персонального комп’ютера, спеціалізованого програмного забезпечення та обробка інформації. Для забезпечення безпеки під час роботи з технікою необхідно дотримуватися встановлених правил. Організація робочого місця передбачає використання зручних меблів, розташування монітора на рівні очей та дотримання дистанції до екрана в межах 50–70 см. Дотримання цих рекомендацій сприяє зниженню навантаження на зір та запобігає виникненню порушень опорно-рухового апарату. У межах роботи з аналізу екологічної ситуації необхідно враховувати ризики, пов'язані з надзвичайними ситуаціями, такими як пожежі, техногенні аварії, а також забруднення повітря чи води. У разі виникнення пожежі слід діяти згідно з установленими правилами: повідомити відповідні служби, покинути приміщення та дотримуватися інструкцій з евакуації. При роботі з відкритими джерелами інформації та картографічними даними варто дотримуватися правил інформаційної безпеки: використовувати перевірені ресурси, контролювати достовірність даних та забезпечувати захист файлів від втрати. Дотримання правил охорони праці допомагає запобігти небезпечним ситуаціям та оптимізувати робочий процес. Організація робочого місця, регулярні перерви та уважність позитивно впливають на стан здоров’я та продуктивність праці.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження якісної та кількісної зміни стану лісових ресурсів на території Дніпропетровської області в умовах дії правового режиму воєнного стану (що охоплює репрезентативний період 2022–2026 років) дозволяє сформулювати наступні висновки:.

1. Лісові екосистеми Дніпропетровської області, що функціонують у вкрай жорстких природних умовах напіваридної Степової зони ландшафту, прийняли на себе безпрецедентний за масштабами та інтенсивністю антропогенний та техногенний удар, зумовлений прифронтовим статусом регіону та безпосереднім веденням бойових дій. Система відтворення лісових ресурсів, що балансувала в мирний час, увійшла в стадію затяжної регресивної кризи. Структурно-видовий склад лісів зазнав вимушених якісних змін: площі хвойних лісів (сосна звичайна та сосна кримська) скоротилися на 13,12% та 15,05% відповідно, а середній запас деревини на один гектар по області знизився зі 182 до 158 кубічних метрів. Це призвело до загального ослаблення біологічної та середозахисної стійкості лісів Наддніпрянщини.

2.На основі суцільного аналізу офіційної лісовпорядної статистики та верифікованих даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), отриманих із супутників серії Sentinel та Landsat, достовірно встановлено, що чисті втрати земель, покритих лісовою рослинністю, у межах області становили 5557 гектарів. Інтегральний показник лісистості Дніпропетровщини впав із нормативних 4,1% до критичного рівня 3,526%, що створює прямі передумови для активізації деструктивних кліматичних процесів — вітрової ерозії ґрунтів, пересихання малих річок регіону та глибокого пірогенного опустелювання

ландшафтів. Найбільш критична ситуація зафіксована у Нікопольському районі, де темп деградації лісів досяг історичного максимуму 9,56% від загальної площі лісового фонду району.

3.Використання сучасних геоінформаційних систем (ГІС) дозволило довести, що просторовий розподіл осередків деградації лісів суворо підпорядкований характеру та локалізації факторів воєнного часу. У ході дослідження виділено та картографовано чотири просторові кластери деструкції: великоплощадний полігональний кластер пожеж у Самарському борі; дифузно-кратерний прифронтовий кластер на Нікопольщині, що характеризується надвисоким індексом фрагментації ландшафту (8,90 одиниць); лінійно-осередковий кластер у Кривбасі, викликаний вирубуванням полізахисних смуг; та стрічковий приміський кластер спеціальних інфраструктурних рубок головних транспортних артерій.

4. Провідними чинниками деструкції лісових екосистем виступають: безпосередні механічні та токсичні ушкодження деревостанів боєприпасами (явище військового шражування камбію); масштабні лісові пожежі військового генези (пройдено вогнем 6590 га лісових земель, що викликало емісію понад 593 тис. тонн CO_2 в атмосферу); а також різке зростання обсягів незаконного лісокористування. Зафіксований обсяг незаконних рубок у розмірі 18,66 тис. куб. м завдав державі збитків у 156,7 млн грн, при цьому поточний рівень розкриття та стягнення збитків залишається на критично низькому рівні (7,65%) через інституційні обмеження військового часу та депресію контрольно-охоронних функцій лісоохорони.

5.Інтегральна економічна оцінка сукупної шкоди, завданої лісовому господарству та екології Дніпропетровської області за досліджуваний період, перевищує 1,446 млрд. гривень у поточних цінах. У цю суму, крім прямої вартості втраченої товарної деревини, включено монетарну оцінку втраченого фізіологічного приросту насаджень (204,7 млн грн за 5 років), витрати на

проведення обов'язкового технічного демінування та вартість подальшої штучної лісомеліорації.

6. Післявоєнна стратегія лісовідновлення повина базуватися на принципах безумовної пріоритетності гуманітарного розмінування, проведення глибоких лісопатологічних розчищань і радикального переходу від уразливих монокультур до створення змішаних, біологічно стійких, пожежостійких хвойно-листяних насаджень. Реалізація цієї стратегії на базовій площі 5357 га вимагатиме залучення цільових інвестицій в обсязі 857,11 млн грн і має розглядатися на державному рівні як невід'ємну частину комплексної програми екологічної рекультивації та відновлення зеленого каркасу Дніпропетровської області.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Атрохін Д. Я., Калуцький К. К., Тюріков Ф. Т. Лісівництво в степових умовах. – Режим доступу: https://scholar.google.com/scholar?q=Лісівництво+в+степових+умовах+Атрохін+Калуцький+Тюріков

2. Барановський А. Ф., Висоцький Г. Н. Острівні ліси Степової зони...– https://scholar.google.com/scholarq=Острівні+ліси+Степової+зони+кліматорегулююча+роль ?

3. Бельгард А. Л. Степове лісознавство. – https://scholar.google.com/scholar?q=Бельгард+Степове+лісознавство

4. Бондар А. І., Бурім В. І. Штучні ліси Наддніпрянщини. – https://scholar.google.com/scholar?q=Штучні+ліси+Наддніпрянщини+Бондар+Бурім

5. Букша І. Ф., Пастернак В. П. Інвентаризація та моніторинг лісів. – https://scholar.google.com/scholar?q=Інвентаризація+та+моніторинг+лісів+Букша+Пастернак

6. Василишин Р. Д. Біоенергетичний потенціал лісів Степу України. – https://scholar.google.com/scholarq=Біоенергетичний+потенціал+лісів+Степу+України+Василишин

7. Воронцов А. І. Лісова ентомологія. – https://scholar.google.com/scholar?q=Воронцов+Лісова+ентомологія

8. Висоцький Г. Н. Вибрані праці з лісознавства. – https://scholar.google.com/scholar?q=Висоцький+вибрані+праці+лісознавство

9. Генсірук С. А. Ліси України. – https://scholar.google.com/scholar?q=Генсірук+Ліси+України

10. Горошко М. П. Біометрія та лісова таксація. – https://scholar.google.com/scholar?q=Біометрія+та+лісова+таксація+Горошко

11. Гріцан Ю. І. Оптимізація лісових ландшафтів. – https://scholar.google.com/scholar?q=Оптимізація+лісових+ландшафтів+Гріцан

12. Данилов Ю. І., Ткач В. П. Динаміка площ лісового фонду. – https://scholar.google.com/scholarq=Динаміка+площ+лісового+фонду+Ткач+Данилов

13. Домаранський А. О. ГІС-моніторинг лісів. – https://scholar.google.com/scholarq=ГІС+моніторинг+фрагментації+лісів+Домаранський

14. Заїка В. К. Шкідники соснових насаджень. – https://scholar.google.com/scholar?q=Шкідники+соснових+насаджень+Заїка

15. Зібцев С. В., Соловйов А. А. Лісові пожежі. – https://scholar.google.com/scholarq=Лісові+пожежі+в+зонах+військових+конфліктів+Зібцев

16. Іпатьев В. А. Радіоекологія лісових екосистем. – https://scholar.google.com/scholar?q=Радіоекологія+лісових+екосистем+Іпатьев

17. Калінін Ф. Л. Фізіологія стресу деревних рослин. – https://scholar.google.com/scholarq=Фізіологія+стресу+деревних+рослин+Калінін

18. Коваленко С. Б., Левченко А. В. Незаконні рубки. – https://scholar.google.com/scholarq=незаконні+рубки+захисні+лісосмуги+Коваленко

19. Копилова Л. В., Поляков Ф. А. Заплавні ліси Дніпропетровщини. – https://scholar.google.com/scholarq=Заплавні+ліси+Дніпропетровщини+Копилова+Поляков

20. Краснова М. В. Екологічне право України. – https://scholar.google.com/scholar?q=Екологічне+право+України+Краснова

21. Лавріненко Д. Д. Взаємодія деревних порід. – https://scholar.google.com/scholar?q=Взаємодія+деревних+порід+Лавріненко

22. Мелехов І. С. Лісівництво. – https://scholar.google.com/scholar?q=Мелехов+Лісівництво

23. Міклуш С. І. Моделювання росту насаджень. – https://scholar.google.com/scholar?q=Моделювання+росту+насаджень+Міклуш

24. Молчанов А. А. Гідрологічна роль лісу. – https://scholar.google.com/scholar?q=Гідрологічна+роль+лісу+Молчанов

25. Мусієнко Н. Н. Екологія лісу. – https://scholar.google.com/scholar?q=Екологія+лісу+Мусієнко

26. Пастернак В. П., Приходько В. Ю. Вуглець у лісах. – https://scholar.google.com/scholar?q=вуглецевий+запас+ліси+Пастернак+Приходько

27. Погребняк П. С. Основи лісової типології. – https://scholar.google.com/scholar?q=Погребняк+Основи+лісової+типології

28. Поляков Ф. А. Байрачні діброви. – https://scholar.google.com/scholar?q=Байрачні+діброви+Поляков

29. П’ятницький С. С. Практикум з лісової селекції. – https://scholar.google.com/scholar?q=Практикум+з+лісової+селекції+Пятницький

30. Рожков А. А. Усихання дібров. – https://scholar.google.com/scholar?q=Усихання+дібров+Рожков

31. Свириденко В. Є., Швиденко О. З. Практичне лісівництво. – https://scholar.google.com/scholar?q=Практичне+лісівництво+Свириденко+Швиденко

32. Сукачов В. Н. Основи лісової біогеоценології. – https://scholar.google.com/scholar?q=Сукачов+Основи+лісової+біогеоценології

33. Ткач В. П. Стратегія сталого розвитку лісів. – https://scholar.google.com/scholar?q=сталий+розвиток+лісів+Ткач

34. Третьяк П. Р. Зміни лісистості. – https://scholar.google.com/scholar?q=зміни+лісистості+антропогенний+вплив+Третьяк

35. Туркевич І. В. Кадастрова оцінка лісів. – https://scholar.google.com/scholar?q=кадастрова+оцінка+лісів+Туркевич

36. Тюрін А. В. Продуктивність насаджень. – https://scholar.google.com/scholar?q=Тюрін+продуктивність+насаджень

37. Фучило Я. Д., Збитна М. В. Плантаційне вирощування верб. – https://scholar.google.com/scholar?q=Плантаційне+вирощування+верб+Фучило

38. Чорних В. Л. Інформаційні технології в лісовпорядкуванні. – https://scholar.google.com/scholar?q=ГІС+лісовпорядкування+Чорних

39. Швиденко А. З., Щепащенко Д. Г. Вуглецевий бюджет лісів. – https://scholar.google.com/scholar?q=вуглецевий+бюджет+лісів+Швиденко

40. Швиденко І. П. Лісорозведення на піщаних землях. – https://scholar.google.com/scholar?q=лісорозведення+піщані+землі+Дніпропетровщина+Швиденко

41. Швидько А. П. Забруднення ґрунтів важкими металами. – https://scholar.google.com/scholar?q=важкі+метали+ґрунти+ліси+Швидько

42. Шершун М. Х. Економіко-екологічні проблеми лісокористування. – https://scholar.google.com/scholarq=економіко+екологічні+проблеми+лісокористування+Шершун

43. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Forest Resources Assessment. – Режим доступу: https://www.fao.org/forest-resources-assessment/

44. European Environment Agency (EEA). Forest ecosystems in Europe. – Режим доступу: https://www.eea.europa.eu

45. United Nations Environment Programme (UNEP). Forests and climate change. – Режим доступу: https://www.unep.org

46. NASA Earth Observatory. Global Forest Monitoring. – Режим доступу: https://earthobservatory.nasa.gov

47. Global Forest Watch. Інтерактивна платформа моніторингу лісів. – Режим доступу: https://www.globalforestwatch.org

48. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Wälder in Deutschland. – Режим доступу: https://www.bmel.de

49. Thünen Institute of Forest Ecosystems. Forest monitoring in Germany. – Режим доступу: https://www.thuenen.de

50. German Federal Agency for Nature Conservation (BfN). Forest biodiversity. – Режим доступу: https://www.bfn.de

51. Державне агентство лісових ресурсів України. – Режим доступу: https://forest.gov.ua

52. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – Режим доступу: https://mepr.gov.ua

53. Український гідрометеорологічний центр. – Режим доступу: https://meteo.gov.ua

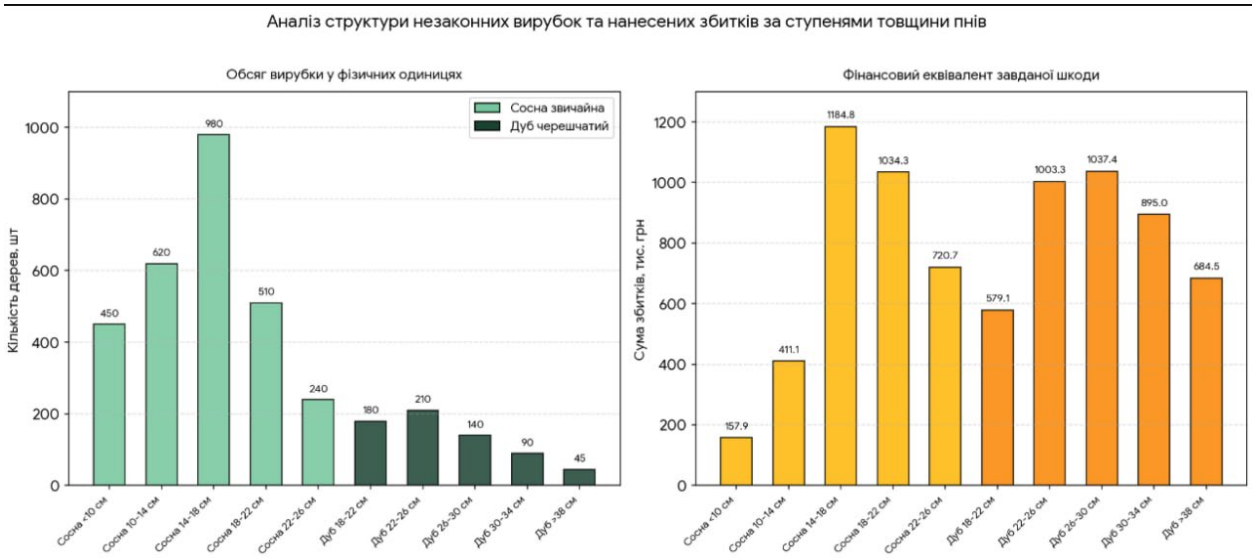
54. Національна академія наук України. – Режим доступу: https://www.nas.gov.ua

55. Державна служба статистики України. Лісове господарство. – Режим доступу: https://www.ukrstat.gov.ua

ДОДАТКИ

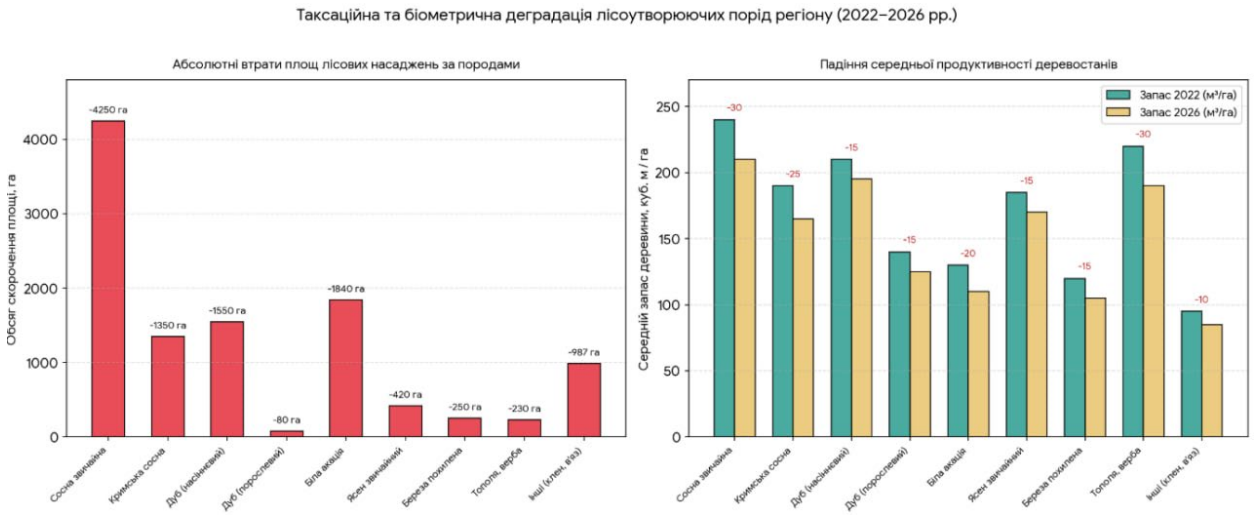
Додаток А.

Розгорнутий розрахунок збитків за ступенями товщини вирубаних дерев



Додаток В.

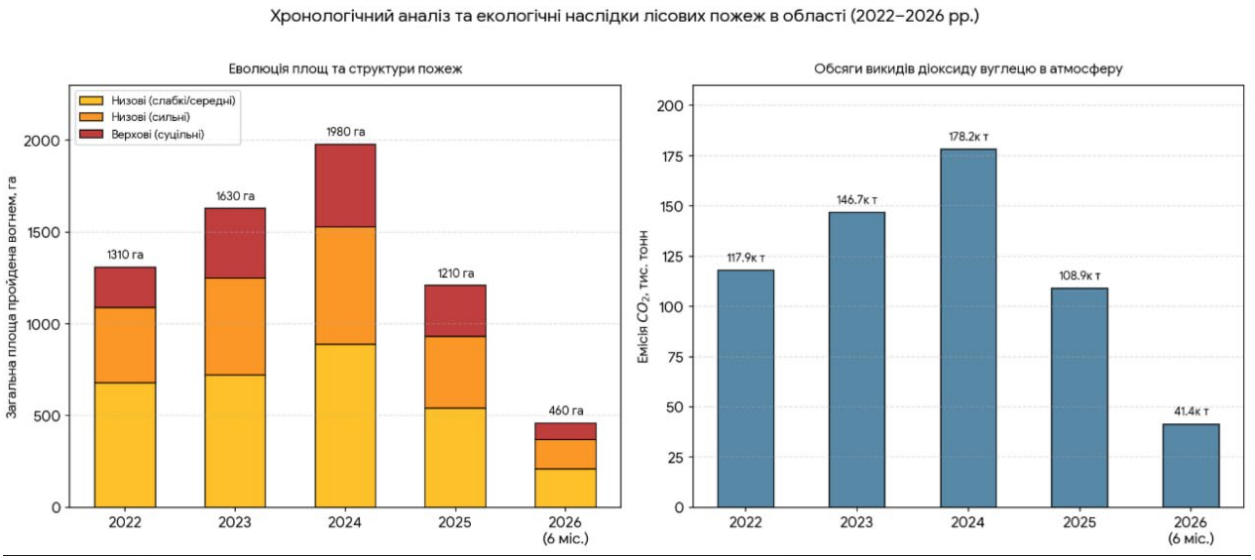
Детальний аналіз динаміки структурно-видового складу та таксаційних характеристик лісів Дніпропетровської області за період 2022–2026 рр.



Додаток С.

Статистика лісових пожеж військового генези у Дніпропетровській області за класами інтенсивності та площі (2022–2026 рр.)

)



Додаток Е.

Обсяг та структура зафіксованих незаконних рубок деревини у Дніпропетровській області (2022–2026 рр.)

