

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Лісового господарства та екології
Кафедра Лісівництва, лісових культур та таксації лісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Гофман Олександр Вікторович

УДК 630*43:504.054

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
**ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ ПІСЛЯ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ У
ЧОРНОБИЛЬСЬКОМУ РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНОМУ
БІОСФЕРНОМУ ЗАПОВІДНИКУ**

Спеціальність 205 – Лісове господарство

Подається на здобуття освітнього ступеня Магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

Гофман О.В.

Науковий керівник:
Зимароєва А.А.
доктор с.-г. наук, доцент

Житомир-2024

АНОТАЦІЯ

Гофман О.В. Особливості лісовідновлення після великих пожеж у Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 205 – Лісове господарство. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

У кваліфікаційній роботі наведені дані щодо дослідження відновлення лісових насаджень території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника після великих пожеж. Здійснено аналіз наслідків пожеж для рослинних угруповань лісів заповідника. Вивчення у 2019-2021 роках знімків із супутника тих територій, які зазнали пірогенного ушкодження, дозволило визначити лісові масиви, які були вражені пожежами найбільше. Науково-практичні рекомендації з еколого-безпечних підходів і методів відтворення лісів зони відчуження дали змогу оцінити лісівничий потенціал ділянок заповідника після пожеж. Процеси відтворення лісів після впливу вогню досліджували у трьох лісництвах – Луб'янському, Паришівському та Корогодському. На територіях з постпірогенними пошкодженнями зареєстровано процеси заміни аборигенних лісових видів рослин синантропними, переважно рудеральними, видами рослинності. Проте, загалом, за видовим складом, рослинність відповідає такій, яка притаманна угрупованням рослин лісових ценозів. Порівняння значень індексів видового біорізноманіття неушкоджених ділянок з територіями, які мають пірогенні пошкодження, дозволило встановити, що останні мають значно більші значення цих індексів.

Ключові слова: Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник, вплив пожеж, рослинність, постпірогенне лісовідновлення, потенціал лісів, індекси видового різноманіття.

ANNOTATION

Hoffman O.V. Features of reforestation after large fires in the Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve – Qualification work on the rights of a manuscript.

Qualification work for the master's degree in speciality 205 – Forestry. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work presents data on the study of the restoration of forest plantations on the territory of the Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve after large fires. The paper analyzes the effects of fires on plant communities in the Reserve's forests. The study of satellite images from 2019-2021 of those areas that suffered pyrogenic damage made it possible to identify the forests that were most affected by fires. Scientific and practical recommendations on environmentally safe approaches and methods of forest reproduction in the Exclusion Zone made it possible to assess the silvicultural potential of the Reserve's areas after fires. The processes of forest reproduction after fire impact were studied in three forestries - Lubianske, Paryshivske, and Korohodske. In the areas with post-pyrogenic damage, the processes of replacing native forest plant species with synanthropic, mainly ruderal, vegetation species have been recorded. However, in general, in terms of species composition, the vegetation corresponds to that inherent in plant communities of forest coenoses. Comparison of the values of species biodiversity indices of intact areas with areas with pyrogenic damage has revealed that the latter have significantly higher values of these indices.

Key words: Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve, fire impact, vegetation, post-pyrogenic reforestation, forest potential, species diversity indices.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Розділ 1. ВІДНОВЛЕННЯ ФІТОМАСИ ЛІСІВ ПІСЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІСІВНИЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ ГОРІЛЬНИКІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД).....	9
1.1. Відновлення насаджень переважаючих порід лісів Київського Полісся.....	9
1.2. Розвиток рослинного компоненту екосистем після пожеж.....	12
1.3. Основні рослинні угруповання горільників.....	14
Розділ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	17
2.1 Програма проведення досліджень.....	17
2.2 Методика проведення досліджень.....	17
2.3 Характеристика умов проведення досліджень.....	19
Розділ 3. ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ ЛІСУ ПІСЛЯ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ У ЧОРНОБИЛЬСЬКОМУ РАДІАЦІЙНО- ЕКОЛОГІЧНОМУ БІОСФЕРНОМУ ЗАПОВІДНИКУ.....	21
3.1. Особливості протікання процесів лісовідновлення на території Заповідника.....	22
3.2. Ушкодження деревостанів вогнем та динаміка сукцесійних процесів в лісах Заповідника.....	35
3.3. Постпірогенні зміни лісової рослинності Заповідника.....	40
ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
ДОДАТКИ.....	50

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Великими пожежами впродовж останніх двох десятиріч (1992, 2005, 2016, 2020 роки) у лісах зони відчуження Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (далі Заповідник) були охоплені найбільше ліси та перелоги. Пожежі взагалі призводять до змін екологічної ситуації на тих територіях, де вони відбуваються, а якщо взяти специфічні умови Заповідника, то тут спостерігаються і радіоекологічні наслідки, тому що під час пожеж відбувається повторне перенесення радіоактивних речовин. З огляду на це, радіоактивна обстановка у постпірогенний період на території Заповідника погіршується, що, в свою чергу, викликає погіршення радіоактивної обстановки на територіях, що межують із Заповідником.

Природним біоценозам найбільші збитки спричинені пожежами, котрі поширюються досить швидко, охоплюючи значні площі. Рослинні угруповання в лісових екосистемах є дуже вразливими до пірогенного впливу, який призводить до росту варіабельності структури фітоценозів [31]. Також відмічено, що місця вигорання рослинності (особливо деревостанів) характеризуються зміною хімічного складу ґрунтів, а саме, спостерігається підсилення дернового циклу ґрунтоутворення. Ці процеси викликають, в свою чергу, інтенсифікацію розвитку трав'яної рослинності.

Постпірогенні ушкодження деревостанів можуть бути настільки катастрофічними, що їх відновлення потребує багато часу [12]. На ділянках території Заповідника, які зазнали впливу пожеж, було досліджено сукцесійні процеси, які охопили лісові масиви ушкоджених територій. Результати таких досліджень є досить актуальними з огляду на можливості оцінити динаміку лісовідновних процесів після пожеж та їх хід у всіх типах лісових насаджень Заповідника.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – визначити особливості протікання процесів лісовідновлення на території зони

відчуження Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника після великих пожеж.

Для досягнення означеної мети вирішували наступні завдання:

- Навчитись використовувати дані, отримані з супутникових знімків, для оцінювання площ лісових насаджень охоплених пожежами;
- Виїжджати на вражені пожежами території, щоб валідувати дані дешифрування;
- Під час польових досліджень дослідити зміни рослинності в лісових екосистемах на вражених пожежею ділянках заповідних територій;
- Стежити за процесами постпірогенного поновлення лісових насаджень зони відчуження Заповідника.

Об'єкт дослідження – лісові екосистеми Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, що зазнали пірогенного впливу.

Предмет дослідження – протікання процесів лісовідновлення після великих пожеж на території Заповідника.

Методи дослідження. Польовий метод; маршрутний метод; спостереження та порівняння; застосування сучасних інформаційних технологій; метод дистанційного зондування земної поверхні; метод просторового аналізу даних; математичний аналіз отриманих даних; прийоми та методи багатовимірної варіаційної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна кваліфікаційної роботи полягає в тому, що вперше:

- проаналізовано інтенсивність постпірогенного відновлення екосистем лісу у Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику;
- визначено можливість поновлення лісових насаджень після пожеж через сукцесійні процеси в деревостанах Заповідника.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дають можливість:

- визначити умови необхідні для поновлення втраченого у результаті пожеж трав'яного покриву, як першої ланки суцесійних змін вражених вогнем лісових екосистем;
- встановити ефективність процесів природного відновлення лісів Заповідника на постпірогенних ділянках;
- створювати прогнози тривалості протікання відновлення лісових насаджень;
- за показниками потенціалів природного поновлення класифікувати загиблі та ліси пройдені вогнем.

Апробація результатів дослідження. Результати кваліфікаційної роботи були оприлюднені на IX International Scientific and Practical Conference (Lviv, Ukraine), XI-й Всеукраїнській науково-практичній конференції «Ліс, наука, молодь» (м. Житомир); 78-й Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства».

Публікації. 1. Anastasiia Zymaroyeva, Bohdan Davydenko, Alexander Hoffman. Study of the mammalian species composition of the Chernobyl radiation and ecological biosphere reserve exclusion zone. Perspectives of contemporary science: Theory and practice : IX International Scientific and Practical Conference, 14-16.10. 2024, Lviv, Ukraine, 2024. P. 29-32.

2. Alexander Hoffman, Bohdan Davydenko, Anastasiia Zymaroyeva. Environmental consequences of forest fires on the territory of the Chernobyl radiation and ecological biosphere reserve. Perspectives of contemporary science: Theory and practice : IX International Scientific and Practical Conference, 14-16.10. 2024, Lviv, Ukraine, 2024. P. 26-28.

3. Гофман О.В. Постпірогенні суцесії на горільниках Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. 78-а Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства», 07 листопада 2024 року, Київ, 2024. С. 57-58.

РОЗДІЛ 1

ВІДНОВЛЕННЯ ФІТОМАСИ ЛІСІВ ПІСЛЯ ПРОХОДЖЕННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІСІВНИЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ ГОРІЛЬНИКІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

Стан фітоценозів, особливо лісових екосистем, часто визначає екологічні проблеми в світі [32]. Лісові насадження України та світу зменшуються, зокрема, по причині лісових пожеж, котрі призводять до значних порушень в екосистемах лісів. За умов, які мають місце на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, значимість постпірогенних ушкоджень суттєво зростає, через супутнє пожежам перенесення радіонуклідів [7].

1.1. Відновлення насаджень переважаючих порід лісів Київського Полісся

Визначено перелік основних лісоутворюючих порід зони Київського Полісся, який включає, зокрема, сосну звичайну, березу бородавчасту, осику, дуба звичайного та вільху чорну, котрі є переважаючими породами цієї зони.

Природне відновлення деревостанів *сосни звичайної* здійснюється лише за допомогою насінин, які розносяться вітром на значні відстані за рахунок наявного на насініні крила. Проводились дослідження залежності відстані розповсюдження насіння 2-х видів сосни вітром від довжини крила насініни [31]. Встановлено, що швидкість падіння насіння залежить від довжини крила на них, оскільки під час досліджень спостерігали, що насініни сосни з коротким крилом мали велику швидкість падіння, тому для них розповсюдження вітром є неефективним.

Відновлення насаджень сосни звичайної в природних екосистемах залежить від режиму освітленості території та рівнів мінералізації ґрунтів. Дослідженнями Воробйової Ф.М. [9] встановлено, що деревостани сосни з високою повнотою під час природного відновлення поновлюються краще, а

слабка мінералізація підстилки значної товщини перешкоджає цим процесам. На тих ділянках лісу де мали місце пожежі або проводилась рубка відновлення насаджень було задовільним, оскільки тут підстилка знищується вогнем або перемішується під час виробничих процесів і згодом розкладається. Взагалі на згарищах реєструють більшу спроможність до поновлення насаджень сосняків, ніж в умовах лісосік [11]. На горільниках визначальними показниками виступають площа ураження вогнем, його інтенсивність, вікові групи сусідніх насаджень та їх склад.

Визначено [12], що від особливостей наземного покриву залежить інтенсивність процесів поновлення соснових лісів. До таких особливостей відноситься наявність у сосняках маленьких за розмірами лісових галявин посеред купин із мохів та лишайників.

Сосна звичайна досить добре поновлюється за умов вологих та мокрих борів і суборів. Натомість у сухих та свіжих борах і суборах інтенсивність відновлення лісосік є досить низькою, оскільки ґрунт тут досить сухий і в ньому є багато личинок травневого хруща, які під'їдають кореневу систему сіянців сосни [11].

На лісосіках відновлення насаджень *дуба звичайного* відбувається як за рахунок насіння так і за допомогою підросту. Через це, на лісосіках рубки дуба, відразу після опадання жолудів, стараються проводити в такі роки, які є урожайними для цієї лісової культури [16]. Здійснювати відновлення дубняків за допомогою насіння пропонують також Бондаренко В.Д., Кузів Р.Ф. та Копій Л.І. [8]. Але за такого способу лісовідновлення слід мати на увазі, що інколи майже всі жолуді з'їдають дикі свині.

Класична порода-піонер *береза повисла* на горільниках поновлюється природним шляхом досить успішно. Вона активно заселяє будь-які пустища та перелоги, які не використовуються. Тут береза утворює цілі масиви молодих березняків. Покрив у таких насадженнях молінієво-рунянковий або вересово-зеленомоховий [7]. Від материнської рослини велика кількість утвореного насіння розповсюджується на великі відстані довкола. Ще до

досягнення віку пристигаючих чи стиглих, насадження берези витісняються насадженнями сосни або сосново-дубовими лісами. Це відбувається тому, що береза не може рости під пологом цих лісових культур [9, 33]. На ділянках із вирубками та згарищами має місце міцний кореневий підріст берези, так відбувається стримування нею зміни порід. Герасимовичем О.В. доведено [10] найбільш інтенсивне заселення листяними породами закультивованих площ на 5-7 рік.

Порослеве відновлення *осики* визначається вмістом в її клітинах ауксину. Кількість цієї речовини знаходиться у залежності від сезону року і найбільші кількості ауксину реєструються в перші місяці літа [25]. Під час досліджень виявлено [5], що найбільш інтенсивно підріст осики утворюється у перший рік після проведення суцільних рубок. У подальшому темпи росту осичників знижуються (у 1,5-2 рази). Дослідженнями Петровського П.Я. [16] встановлено, що між масовою появою корневих пагонів та попереднім вирубуванням насінників осики існує пряма залежність. Якщо ґрунти сухі чи надмірно зволожені, то інтенсивність утворення корневих пагонів цієї лісової культури суттєво зменшується. У роботах Ільїна А.М. [11] відзначено, що особливості коренепагінного поновлення природних насаджень осики залежать від лісорослинних умов території та від відсотку домішок інших порід в складі материнського деревостану. Якщо ґрунти є важкими відносно механічного складу, то кореневі пагони з'являються у значно меншій кількості, аніж на ґрунтах легкого складу. Осика є культурою здатною інтенсивно відновлюватися вегетативним шляхом, через це вона виступає поза конкуренцією у відношенні до інших культур і призводить до зміни порід. Така тенденція зовсім небажана у аспекті лісогосподарського виробництва. Дослідженнями встановлено [11], що кореневі пагони цієї культури здатні пригнічувати процеси відновлення інших лісових порід, через велику енергію свого росту. Тому досить часто утворюються чисті осичники.

Вільха чорна надає перевагу сирым і мокрим ареалам, де і ростуть зазвичай вільшняки без домішок інших порід. Вільха здатна інтенсивно поновлюватися після суцільних рубок чи будь-яких ушкоджень (наприклад, пожеж) природним шляхом за допомогою кореневого підросту, котрий утворюється у залежності від віку насаджень вільхи (пеньки VI класу віку дають найбільш сильні підрости) та від ступеня враження деревостанів цієї породи серцевинною гниллю, якою буває охоплена значна частка вільшаників [17]. Розселенню вільхи сприяє і вода, яка здатна переносити, насіння на значні відстані. Саме тому вільшаники часто заселяють береги різних водойм (озер, боліт, лісових струмків) [17].

1.2. Розвиток рослинного компоненту екосистем після пожеж

Поспірогенне відновлення фітомаси залежить від низки умов, як то типу умов місцезростання рослинності; від того наскільки вигоріла підстилка та ушкоджена поверхня ґрунту; від пори року; температури, яку створює вогонь на поверхні ґрунту; типу і тривалості пожежі; від того наскільки рівномірним по площі був вплив вогню та від глибин проникання летальних температур [31].

Встановлено, що в період після пожежі має місце виникнення умов, які сприяють насіннєвому відновленню рослинності на вражених вогнем ділянках. Вогонь знищує підстилку, а це дозволяє насінню опинитися ближче до поверхні субстрату, що прискорює його сходження. За цієї ж причини спостерігаємо підвищення амплітуди температур, вологості, освітленості та збільшення концентрації кисню на поверхні ґрунту [26, 34]. Останній здатен збагачуватися елементами мінерального живлення після пожежі. Позитивним є також зникнення кореневої конкуренції рослин та усунення впливу фітотоксикантів, які раніше пригнічували сходи.

Рослини, які утворюють нижні яруси в деревостанах, поділяють на три групи у залежності від здатності протистояти впливу вогню [4].

Першу групу утворюють види, котрі проявляють стійкість до впливу пожеж. Їх, навіть за інтенсивних низових пожеж або якщо підстилка вигорає вглиб на 80-90 %, зберігається більше половини кількості початкової фітомаси. Сюди відносять облігатно коренепаросткових рослин, які мають бруньки поновлення, що розташовані у мінеральному горизонті ґрунту: глибини понад 2 см якщо це сухий тип лісу і у свіжих і вологих лісах – не менше 1 см.

До другої групи відносять види, яких пожежа пригнічує тимчасово, а їх відновлення залежить від того, наскільки вигоріла підстилка. Чим більш інтенсивною є пожежа, тим меншими є показники рясності цих видів (кількість їх суттєво зменшується). Проте здатність відновлюватися за рахунок насіння або вегетативно дозволяє цим рослинам швидко зайняти ушкоджені території. Сюди належать рослини, що мають бруньки поновлення, які розміщуються внизу підстилки чи біля поверхні ґрунту (до 1 см мінерального горизонту) (гемікриптофіти). У шарах підстилки, яка межує з ґрунтом, йдуть процеси розкладу, тут зберігається волога, тому ці шари зачасту повністю не вигорають.

Третю групу складають види нестійкі впливу вогню. Їхні органи вегетативного розмноження знаходяться на поверхні субстрату або безпосередньо у верхніх шарах опаду. Інтенсивні пожежі можуть або скоротити рясність таких видів на порядок або ж види можуть бути повністю еліміновані і тоді популяція дуже повільно буде повертатися до свого вихідного стану.

Перші два роки після пожежі свіжі горільники заростають за допомогою вибіркового типу насіннєвого поновлення фітомаси території. Після чого інтенсивність насіннєвого відновлення різко падає. Відмічають різке зниження поновлення за допомогою насіння у фітоценозах більш пізніх стадій сукцесій [3]. Через процеси дисемінації згарища активно заселяються видами, які не є корінними в існуючих на цих територіях угрупованнях рослин.

Першими на свіжих згарищах оселяються рослини, насіння яких потрапляє на звільнені пожежами ділянки за допомогою вітру, води чи тварин, де вони і проростають [2]. Такі рослини, як, наприклад, іван-чай чи злинка канадська є досить швидкоростучими види. Вони ще в перший рік заселення досягають генеративного віку і утворюють велику кількість дрібного насіння, яке здатне відразу після дозрівання проростати. Такі види домінують при колонізації нових територій, зокрема, звільнених пожежами від інших видів [12]. Заселення діаспор може бути автохорним (не потребують участі посередників) чи алохорним (участь посередників необхідна). В останньому випадку основними агентами при перенесенні плодів і насіння рослин можуть бути птахи чи вітер.

1.3. Основні рослинні угруповання горільників

Оскільки сосна звичайна виступає у якості основної породоутворюючої лісової культури зони Полісся України, то після вигорання ділянок лісу зайнятих сосняками там формується шість найбільш типових для цієї зони угруповань рослин [7]. Розглянемо їх детально.

1. Інтенсивна пожежа на ділянці лісу (склад 10Сз+Бп) призводить до того, що деревостан повністю засох. Згодом спостерігається поява підросту дуба та берези. Трав'янисто-чагарниковий ярус цієї ділянки має загальне проєктивне покриття 90%. Угруповання трав'янистих рослин на 75-80% утворені злинкою канадською. Крім цього до них в незначних кількостях входять рослини куничника наземного (5 %), булавноносця сіруватого (5 %), іван-чая вузьколистого (5 %), енотери дворічної (1 %) та зіноваті руської (1 %). У багатьох видів рослин можна виявити лише поодинокі екземпляри. Це рослини синяку звичайного, звіробию звичайного, келерії сизої, мітлиці тонкої, смовді гірської, кульбаби лікарської, підмаренників, агалик-трави гірської, жовтозілля звичайного, суниці лісової та інших).

2. Інтенсивна пожежа на ділянці лісу (склад 10Сз+Бп, Дз) призводить до того, що деревостан гине від вогню, проте пожежа не повністю знищила підстилку. Згодом спостерігається поява підросту дуба, берези і, окремими екземплярами, сосни звичайної. Трав'янисто-чагарниковий ярус цієї ділянки має загальне проєктивне покриття 90-100 %. У ярусі трав'янистих рослин домінує куничник наземний, який в рослинних угрупованнях ярусу складає близько 80 %. Частка інших видів рослин цього ярусу є незначною. Так, переважаючи у попередніх угрупованнях злинка канадська, тут трапляється поодинокими екземплярами (1%). За цих умов трапляються в незначній кількості рослини тонконогу лучного (5 %), смовді гірської (1 %), материнки звичайної (1 %), деревію звичайного (1 %), купини пахучої (1 %), дроку красильного (1 %). До лісових видів трав'яної рослинності відносяться дзвоники ріпчастовидні та конвалія звичайна.

3. У наукових публікаціях вказують, що іван-чай (хамерій вузьколистий) домінує на вирубках і горільниках в районі тайги і на високогір'ях [19]. Проте, якщо сосновий деревостан знищується повністю вогнем, хамерій домінує лише на невеликих ділянках. У постпірогенний період перший рік відновлення рослинності характеризується появою підростів берези, осики та дуба. У чагарниковому ярусі трапляється малина, верба козяча, горобина, верес звичайний (загальне проєктивне покриття 70-80%). Подекуди переважаючим видом є іван-чай (50%). Трапляються ділянки з крушиною ламкою (до 10%). Подекуди можна виявити брусницю та злинку канадську (по 10%), зрідка трапляються екземпляри чорниці, щавля горобиноного та водяного перцю.

4. Пожежі знищили повністю деревостани. Ділянки лісу з найсухішими екотопами, уражені пожежами, ґрунти яких мають низьку родючість, мають угруповання рослинності з домінуванням булавоносця сіруватого (покриття 50-75%). Сходи цієї рослини зарощують уражені вогнем території. Відновлення лісових порід спочатку здійснюється через листяні породи. Сосна звичайна відновлюється через поодинокі екземпляри підросту.

Трав'янисто-чагарничковий ярус означеної ділянки має загальне проєктивне покриття від 10 до 60%. Відмічають процеси відновлення різних видів мохів і лишайників. В рослинних угрупованнях трав'яного ярусу трапляються екземпляри фіалки польової, червця однорічного, костриці овечої, щавля горобиного, золотушника звичайного, цмину піщаного, аґалік-трави гірської, кульбаби лікарської, щучника дернистого, енотери дворічної.

5. Після пожеж можна виділити ще одну групу рослинних угруповань, які представлені злаковими угрупованнями лучного характеру, де переважає мітлиця тонка (15%), тонконіг вузьколистий (25%) та куничник наземний (10%). На таких ділянках загальне проєктивне покриття оцінюється у 100%, але деревні породи тут зазвичай не відновлюються.

6. Ще одним, широко розповсюдженим на згарищах, специфічним угрупованням є угруповання, де верхній ярус утворений робінією звичайною, яка на висоті 2-4 метри утворює зімкнуту крону. Робінія заселяє ті місця, де раніше траплялись материнські рослини [5]. Загальне проєктивне покриття трав'янисто-чагарничкового ярусу складає 15–60%.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДМЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма проведення досліджень

Програма проведення досліджень має наступні етапи:

- здійснення бібліографічного пошуку для виявлення ступеня вивченості питань, які стосуються особливостей післяпожежного лісовідновлення на територіях з радіоактивним забрудненням;
- розробку календарного плану проведення дослідницької роботи;
- ознайомлення з методиками досліджень такого напрямку;
- обробку даних супутникової зйомки задля виявлення та оцінювання ділянок лісу на території Заповідника, які зазнали пірогенного впливу;
- валідацію даних дешифрування на ушкоджених територіях;
- польові дослідження щоб встановити ступінь змін рослинних угруповань лісів після пожеж;
- проведення оцінки процесів післяпожежного відновлення трав'янистої рослинності Заповідника, як першого етапу сукцесій;
- здійснення аналізу протікання процесів післяпожежного відновлення чагарників і деревної рослинності;
- визначення перспектив природного відновлення лісових екосистем Заповідника після впливу вогню різної інтенсивності;
- статистична обробка та аналіз отриманих результатів досліджень та формулювання висновків.

2.2. Методика проведення досліджень

Дані, отримані у результаті зйомок за допомогою супутника спільно з Регіональним Східноєвропейським центром моніторингу пожеж, дозволили визначити і оцінити площу пірогенного впливу великих пожеж на території Заповідника [24]. Щоб деталізувати отриману із супутників інформацію, було

проведено низку польових досліджень під час яких обстежено горільники, проведено натурні спостереження та дослідження. За допомогою БПА здійснювали аерофотозйомку уражених вогнем територій та проводили аналіз знімків отриманих із супутників, що мають високу роздільну здатність. До таких відносяться супутники Landsat 8 або Sentinel-2 (Geological Survey (U.S.) [31]. Для досліджень постпірогенних змін рослинності вражених пожежами територій Заповідника застосовували зокрема ГІС-інструментарій ArcGis (компанія ESRI). Щоб провести моніторингові дослідження, які стосувалися змін у біорізноманітті лісової рослинності Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника використали інформацію отриману із супутників [28-30]. Ця інформація знаходиться у системі пожежної інформації для управління ресурсами (FIRMS) [27], а також її можна знайти на сторінках геопорталу геологічної служби США (United States Geological Survey) [24, 26]. Супутники Landsat-8 або Sentinel-2 мають вмонтовані на них спектральні канали сенсорів. Ці пристрої можуть визначати показники індексів, які потім використовують з метою проведення моніторингу безпеки природних ландшафтів заповідних територій.

До натурних досліджень оцінки стану територій лісових масивів Заповідника, які було ушкоджено вогнем та задля валідації даних дешифрування залучали супутникову інформацію [26]. Щоб встановити зміни стану рослинних угруповань в лісах Заповідника, здійснювали порівняння вегетаційних індексів NDVI за роки великих пожеж (2019, 2020 та 2021 років). Виходили з того факту, що на протікання процесів вегетації рослин суттєво впливають пірогенні зміни, що охоплюють значні території природних комплексів.

Перераховані вище методи дослідження, особливо аналіз знімків із супутників, дозволили оцінити місцезнаходження ділянок ушкоджених вогнем або повністю вигорівших лісів Заповідника, орієнтовно визначити їх площу та місця, де розташовуються ушкоджені перелоги та болота.

Щоб провести моніторинг динаміки післяпожежного відновлення лісових ценозів Заповідника та визначити площі тих ділянок, які були ушкоджені під час пожеж, використали метод аналізу часової динаміки нормалізованого індексу пожеж [29]. При статистичній обробці результатів дослідження застосували прийом багатовимірною статистичного аналізу комплексу індексів на одну дату. Цей прийом є досить важливим, бо дає можливість встановити комплексну динаміку еколого-ландшафтних систем Заповідника.

2.3. Характеристика умов проведення досліджень

Указу Президента України від 26 квітня 2016 року за № 174 «Про створення Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника» було покладено початок Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику [20] з загальною площею 226964,7 га земель державної власності і територія якого поділена на зону відчуження та зону обов'язкового відселення. Територіально Заповідник відноситься до Вишгородського району Київської області [22]. Площі, передані Заповіднику державою, перебувають у ньому в постійному користуванні.

Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник створено з ціллю вивчати зміни, що протікають в навколишньому природному середовищі під дією антропогенних чинників. На радіоактивно забруднених територіях Заповідника під впливом цих факторів змінюються флористичні та фауністичні угруповання [21]. Чорнобильський заповідник існує вже кілька десятиліть, тому можна зазначити ще одну важливу функцію цього природоохоронного об'єкту – це участь у збереженні та відтворенні найбільш типових для біосфери комплексів у їх природному, майже первісному, стані, що виключає активне втручання людини в ці процеси. З метою слідкування за процесами відтворення екосистем Заповідника регулярно проводять фоновий екологічний моніторинг, що охоплює всі території.

Наразі здійснюються певні заходи, щоб згодом можна було надати Заповіднику міжнародного статусу.

Природоохоронним законодавством України [21, 22] на територіях заповідних об'єктів виділяють функціональну зону, заповідну та буферну зони; зону регульованого заповідного режиму та зону антропогенних ландшафтів. Поділ території заповідника на ці зони допомагає зберігати існуючі генофонди флори і фауни Заповідника та дозволяє створювати умови для відновлення цінних природних комплексів, вплив людини на які був і є мінімальним.

На біоценози Заповідника суттєвий вплив мають пожежі, які періодично тут виникають. Вони зазвичай призводять до порушення цілісності існуючих екосистем та до заміни їх складових. Відновлення вражених вогнем територій через сукцесійне поновлення втраченої рослинності інколи є досить тривалим процесом, бо площі уражень природних комплексів Заповідника вогнем є досить великими [7]. Ліси потерпають від пожеж найбільше. Відсоток ушкоджених чи знищених у результаті дії вогню лісових насаджень є досить високим і становить 64,3%, площі перелогів потерпають від вогню у 21,6%, болотні угіддя вражаються на 5,7%. Горільники минулих років, на яких знаходяться загинувші деревостани, займають близько 5%.

Проведення досліджень по вивченню постпірогенного відновлення рослинних угруповань в лісах Заповідника є досить перспективним напрямком. Дослідження такого скерування допоможуть провести оцінку швидкості та ступенів природного поновлення екосистем лісу. Такі та інші дослідження здійснюють в умовах Заповідника на наукових полігонах, які виступають як стаціонарні ділянки для спостережень на територіях природно-заповідного фонду [21].

РОЗДІЛ 3

ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ ЛІСУ ПІСЛЯ ВЕЛИКИХ ПОЖЕЖ У ЧОРНОБИЛЬСЬКОМУ РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНОМУ БІОСФЕРНОМУ ЗАПОВІДНИКУ

Природні комплекси, які трапляються у зоні відчуження Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника є типовими ландшафтами для Полісся України, що включають ліси, луки та болота [1]. Великі пожежі, які відбувалися у 1992, 2005 та 2016 роках, а також руйнівна пожежа 2020 року, зазвичай впливають на різноманітні ценози Заповідника, спричиняючи сильні ураження екосистем. Дослідження віддалених наслідків цих пожеж є досить перспективним з огляду на те, що в ушкоджених вогнем екосистемах, постійно протікають процеси післяпожежного відновлення.

Відомо, що вогневі лави у рухаються по перелогах та на відкритих галявинах досить швидко. Суха рослинність наявна в цих місцях швидко спалахує та згорає, при цьому кореневі системи рослин не ушкоджуються вогнем, тому такі пожежі залишають після себе незначні ушкодження [25]. Наслідки цих пожеж швидко усуваються, оскільки рослинність трав'яного ярусу перелогів починає активно відростати впродовж 2-3 тижнів після того як тут пройшов вогонь (рис. 3.1). Вже через місяць такі горільники повністю вкриті щільним зеленим килимом утвореним трав'янистою рослинністю.

Під час великих пожеж ліси та болота Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника постраждали набагато сильніше, ніж перелоги. Відновлення їх екосистем потребує більш тривалого періоду. Під час великої пожежі 2020 року було знищено 10,6 тис. га лісових масивів Заповідника та пошкоджено 1,96 тис. га болотних угідь. Відновлення останніх можливе виключно природним шляхом, ніякі заходи для цього не проводяться. Тоді як ліси можуть відновлюватися і з застосуванням штучних методів [19].



Рис. 3.1. Зелений килим трав'яного ярусу перелогів після пожеж 2020 року.

3.1. Особливості протікання процесів лісовідновлення на території Заповідника

Відомим є факт, що ліси здатні досить ефективно відновлюватися після негативної дії абіотичних факторів, до яких відносяться і пожежі, та біотичних факторів різної природи. Проте в природних умовах цей процес є досить довготривалим, який захоплює десятиріччя. В природі визначено види, які щоб відновитися потребують, щоб пройшла пожежа, проте ні в лісах України, зокрема, в лісах зони відчуження, ні в країнах Європи таких видів дерев немає [32]. Коли вогнем низових пожеж знищується лісова підстилка то позитивним моментом є те, що ґрунти після цього збагачуються зольними елементами. Проте ця обставина не є умовою, яка б сприяла розвитку лісових ценозів регіону [12].

Відновлення деревних порід здійснюється по різному. Так, листяні породи відновлюються переважно вегетативно шляхом. Насіннєве відновлення їх є не таким успішним як у хвойних порід, у яких цей спосіб

відновлення є переважаючим [11]. Тому для процесів поновлення мішаних та листяних лісів участь людини є необов'язковою і взагалі зазвичай не потрібна. Такі лісові насадження відновлюються досить швидкими темпами. Переважаючими лісовими породами в них є осика, береза, вільха та дуб (рис 3.2).



Рис. 3.2. Післяпожежне поновлення мішаних сосново-березових лісів (станом на липень 2021 року).

Для соснових насаджень характерним є більш повільний темп відновлення. Підріст у достатній кількості, а далі і утворення молодняків, займає часовий період від п'яти років і далі. І якщо тривалість відновлення хвойних насаджень продовжується, то ці території, де раніше росли корінні хвойні породи, займаються похідними листяними насадженнями, в яких переважаючими породами є береза повисла та осика [11].

У дослідженнях, які присвячені поспірогенному відновленню лісів Заповідника, враховують той факт, що ці території виконують завдання бар'єру, з метою запобігти розповсюдженню радіонуклідів та утримати їх, щоб вони не потрапили на ділянки земель, які прилягають до Заповідника. Ця

функція заповідних територій може бути виконана лише коли природні комплекси Заповідника будуть збережені, оскільки ліси, перелоги та болота депонують велику кількість радіонуклідів і ці процеси не залежать від видового складу рослинних угруповань ценозів [3, 32]. Зона відчуження має мати такий рослинний покрив, щоб він запобігав процесам перенесення радіоактивних речовин вітром та змиванню їх у континентальні водойми. Тобто такий покрив має перешкоджати протіканню процесів ерозії. Радіонукліди, завдяки рослинам, можуть включатися в процеси колообігу речовин і, таким чином, їх вертикальна міграція уповільнюється [15].

Лісівники спочатку прогнозували, що після аварії на Чорнобильській АЕС, яка призвела до ушкодження багатьох лісових масивів, природне поновлення деревних порід, яке викличе загальне зростання лісистості зони відчуження, може настати за досить короткий строк [21]. Проте, через десятиріччя, які пройшли з моменту аварії, побачили, що насправді процеси лісовідновлення займають значний час. Травостої колишніх сільськогосподарських угідь замінюються куртинами природного лісовідновлення тоді, коли поряд були наявними джерела насіння деревних порід, а трав'яний войлок порушувався вогнем чи руйнувався за допомогою диких тварин.

Проте землі Заповідника дійсно мають високий потенціал природного лісовідновлення, на що вказують показники збільшення загальної лісистості зони відчуження з 41% (1986 рік) до 59% (2020 рік) [32]. Таке зростання показників лісистості викликане тим, що колишні сільськогосподарські угіддя заростають деревними породами.

Лісові пожежі призводять до ушкодження насаджень, проте природне поновлення деревних рослин на перелогах, призводить до збільшення ділянок, які зайняті мішаними лісами природного походження. Зазвичай такі новоутворені насадження є більш стійкими як до пірогенного впливу так і до інших негативних факторів, зокрема шкідників та хвороб [25]. Означений сценарій поновлення лісів у зоні відчуження Заповідника скерований на

формування корінних насаджень і призводить до забезпечення стабілізації вмісту радіоактивних речовин в ландшафтах Заповідника. Його можна узгодити також із програмами управління біорізноманіттям на території Заповідника та загалом із напрямками керування природними комплексами Полісся.

Оскільки територію зони відчуження ЧАЕС відносять до територій успішного природного насінневого поновлення деревостанів [3] та враховуючи мінімізацію тут обсягів робіт із відтворення лісів, пропонується замінити традиційний поділ площ лісів на розроблену та науково обґрунтовану лісівниками спеціально для зони відчуження та територій, які підлягають обов'язковому відселенню, еколого-лісівничу класифікацію ділянок фонду лісовідтворення [14, 15]. Ця класифікація базується на двох групах категорій ділянок, в яких має відбутися лісовідновлення (Додаток А). Це ділянки, які характеризуються властивостями і ознаками притаманними лісовим екосистемам. Другу групу складають ділянки в яких властивості і ознаки лісових екосистем є відсутніми.

Означену класифікацію використовують щоб науково обґрунтувати вибір способів поновлення лісів, серед яких визначають природне лісовідновлення, штучне та комбіноване і методів відтворення лісів через лісорозведення чи лісовідновлення, оскільки ця класифікація дозволяє максимально врахувати лісівничий потенціал ділянок, де проходять процеси відновлення лісів [4]. В умовах Заповідника, враховуючи характерні особливості території та її заповідний режим, зазвичай лісівниками обирається технологія лісовідновлення насаджень. За допомогою цієї класифікації, яка виступає як базова, також можна створити наукове обґрунтування заходів з відновлення лісу після пожеж, в основу яких покладають диференційований підхід до процесів лісовідновлення на кожній окремо взятій ділянці лісу [4]. Користуючись принципами цієї класифікації, співробітники Заповідника розробили рекомендації стосовно поновлення

лісових насаджень для кожної категорії площ фонду лісовідновлення територій (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

**Поновлення лісових насаджень для існуючих у Заповіднику категорій
площ фонду лісовідновлення [38]**

Група категорій площ	Категорія площі лісовідновлювального фонду	Метод і спосіб відновлення лісів	Рекомендовані заходи
А. Ділянки, які мають ознаки і властивості лісових екосистем	А.1. Площа з високим лісівничим потенціалом	Природне	Лісівничі заходи щодо сприяння природному відновленню
	А.2. Площа із збереженим лісівничим потенціалом	Природне і комбіноване	Лісокультурні і лісівничі заходи, які сприяють природному лісовідновленню
	А.3. Площа з низьким лісівничим потенціалом	Комбіноване і штучне	Лісокультурні заходи
В. Ділянки, в яких відсутні прямі ознаки і властивості лісових екосистем	В.1. Площа з опосередкованим лісівничим потенціалом	Природне, комбіноване відтворення, лісорозведення	Лісокультурні заходи, які сприяють природному лісовідновленню, введення порід-піонерів і кущів
	В.2. Площа без лісівничого потенціалу	Лісорозведення (захисне, масивне), плантаційне вирощування лісу	Знищення нелісових ознак в екосистемі, введення порід-піонерів і кущів

Визначено недоцільним проводити заходи з лісорозведення для того, щоб зберегти ландшафтне різноманіття та існуючу мозаїчність тих ділянок території Заповідника, які не вкриті лісовою рослинністю. Також враховували той факт, що перелоги виступають як кормова база для копитних тварин Заповідника – це коней Пржевальського, оленів, зубрів.

Тому нами було досліджено потенціал лісовідновлення лише тих ділянок Заповідника, які вкриті лісом при цьому особлива увага була приділена ділянкам лісів, які зазнали інтенсивного впливу вогню (Додаток Б).

Відомо, що тип лісорослинних умов є основою еколого-лісівничої класифікації фонду лісовідновлення, тому саме на основі аналізу типів лісорослинних умов та за переважаючими породами, ми вивчали поділ лісів Заповідника, які загинули від вогню (табл. 3.2, рис. 3.3-3.4, Додаток В).

Таблиця 3.2

Поділ лісів Заповідника, які загинули від вогню, за типом лісорослинних умов та за переважаючою породою

ТЛУ	Головна порода											Всього	
	Сосна Банкса	Акація біла	Береза повисла	Вільха чорна	Вербка біла	Вербка козяча	Вербка ламка	Дуб звичайний	Клен гостролистий	Осика	Сосна звичайна	га	%
A ₁			0,28								507,88	508,15	4,82
A ₂	1,5		117,1							1,13	2883,7	3007,12	28,36
A ₃			22,9	0,69		7,59					67,87	99,37	0,93
A ₄			0,59			2,38						3,2	0,04
A ₅											6,59	6,57	0,05
B ₁											1,28	1,29	0,01
B ₂	8,78	34,9	269,89	5,35				4,69		9,32	3653	3998,7	36,81
B ₃			469	57,45	40,2					4,42	1450,7	2027,64	19,14
B ₄			248,5		7,15						60,19	272,87	2,58
B ₅			29,48								15,49	45,2	0,43
C ₂			11,65					18,17			9,87	39,51	0,39
C ₃			277,9	3,19				85,2	1,7	11,7	50,35	418,9	3,98
C ₄			26,28	114,3	3,23	6,78	2,3			0,79	2,13	153,78	1,45
C ₅				5,27	8,69							14,2	0,14
Всього	10,28	34,9	1441,6	186,2	59,1	16,75	2,3	108,1	1,7	27,5	8709,1	10598,3	100,0

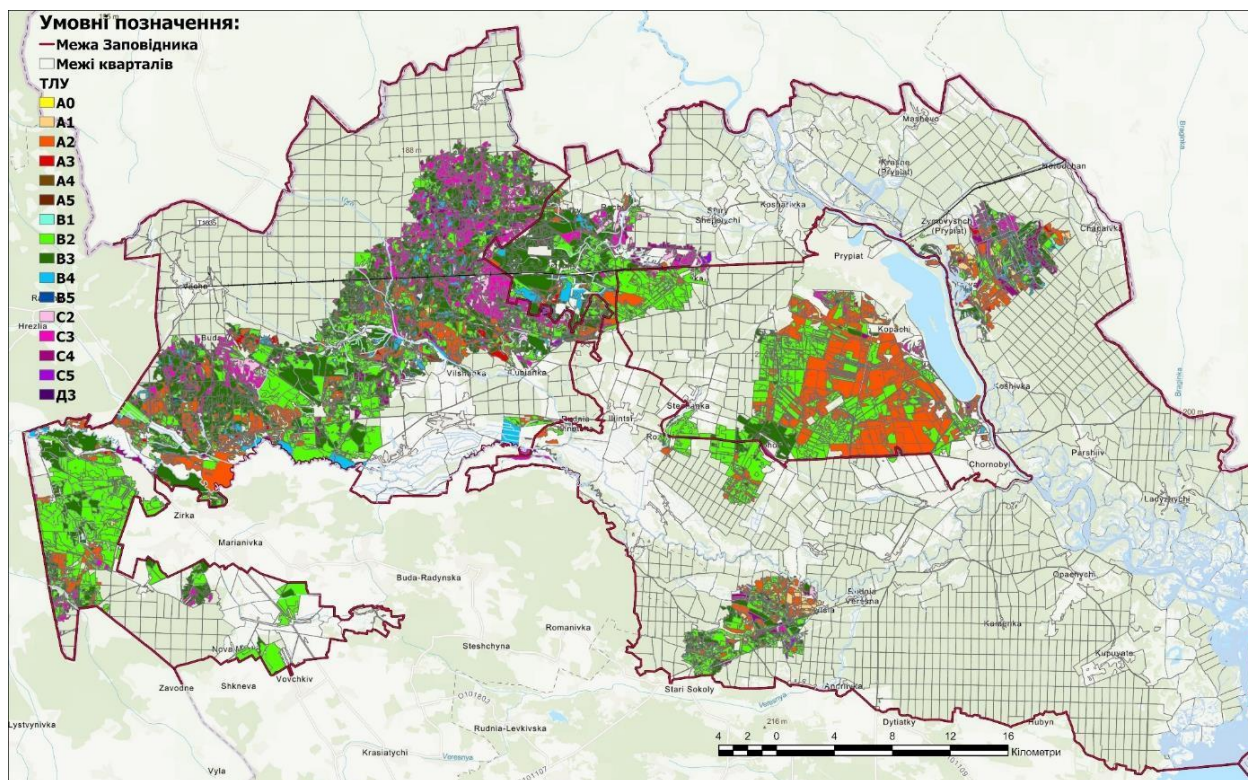


Рис. 3.3. Поділ лісів Заповідника, які зазнали впливу пожеж, за типами лісорослинних умов

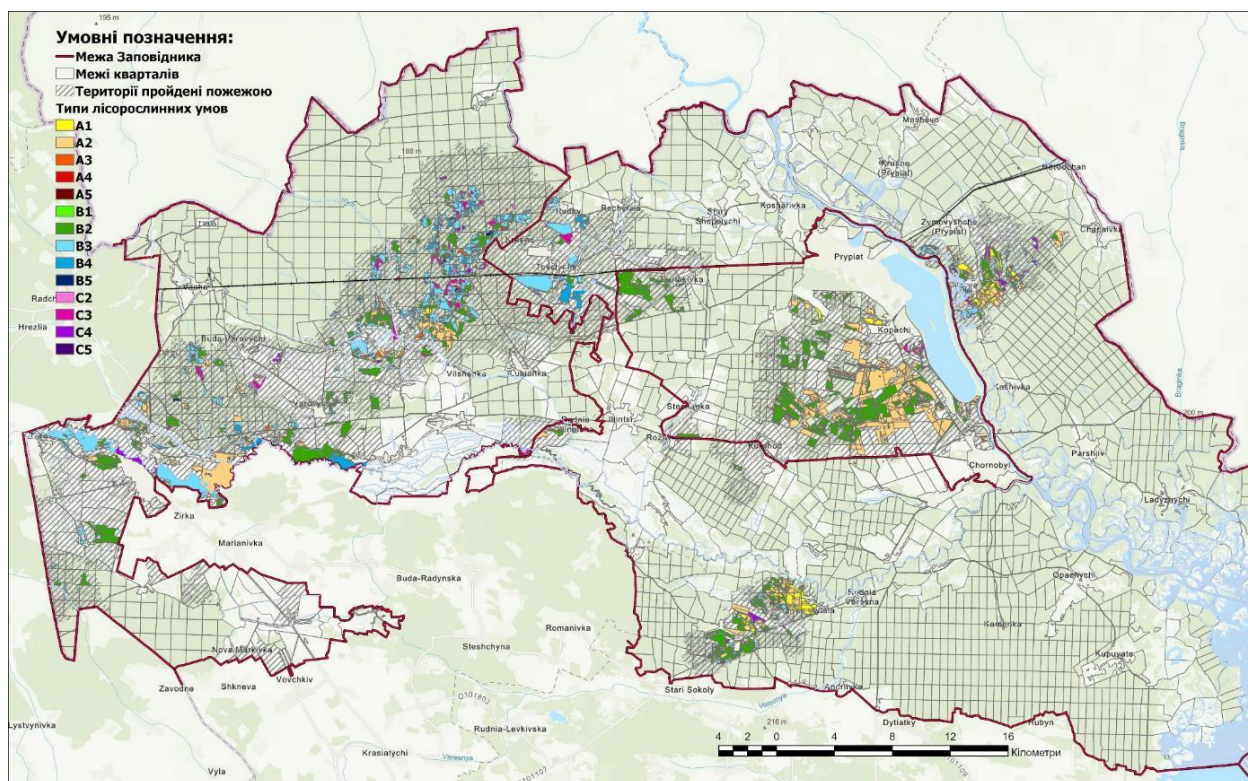


Рис. 3.4. Поділ лісів Заповідника, які були знищені вогнем, за типами лісорослинних умов

Визначили, що найбільш суттєвих післяпожежних змін зазнали ліси, які знаходяться в умовах сухих і свіжих борів та за сирих і мокрих умов. Деревостани, що зазнали впливу вогню, за таких типів лісорослинних умов, були знищені на 43-100% (рис. 3.5). Пояснюється це тим, що в таких типах лісорослинних умов як A_1 та A_2 (з переважанням сирих та мокрих умов) та також в соснових борах накопичуються значні запаси горючих матеріалів лісового походження через надмірне зволоження цих територій.

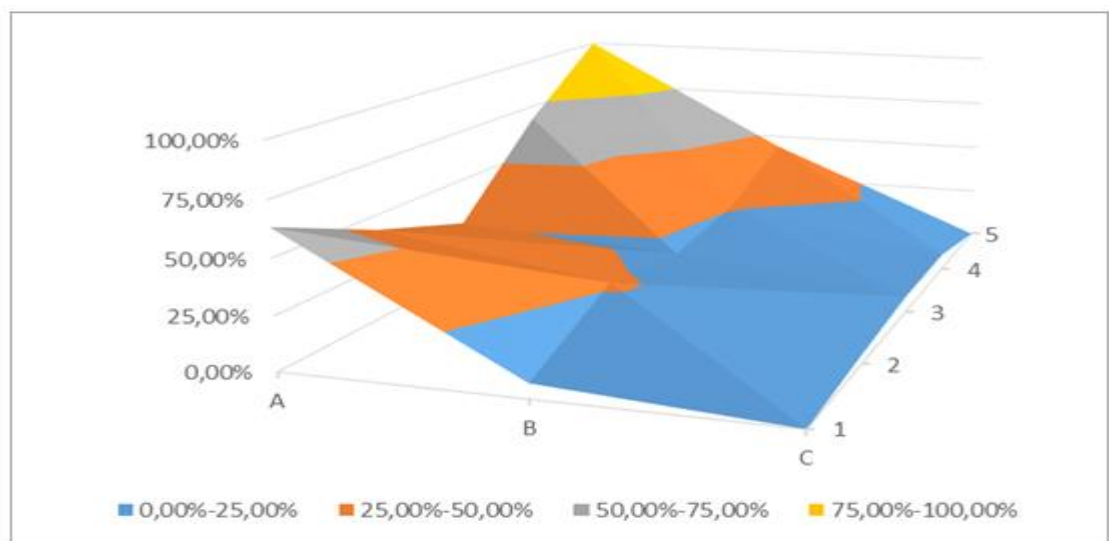


Рис. 3.5. Частка лісів, які загинули від пожеж, в умовах різних трофотопів і гігротопів

Щоб класифікувати ліси, які пройдені пожежами та ті, які були знищені вогнем, ми використали оцінку їх стану та потенціал природного відновлення. За основу цієї класифікації було обрано еколого-лісівничий потенціал післяпожежних ділянок лісу та низку тих заходів, які забезпечують успішне природне лісовідновлення. Згідно класифікації вражені пожежами ділянки лісів можна поділити на три групи: території, котрі мали високий лісівничий потенціал володіють і високим потенціалом лісовідновлення; території, потенціал яких було збережено володіли середнім потенціалом лісовідновлення; території, що мали низький лісівничий потенціал, мають і низькі показники лісовідновлення.

Було встановлено, що ті ділянки лісових масивів, які мали високий та середній потенціал лісовідновлення, в умовах заповідника поновлюються досить швидко. На них вже через 5-6 років можна спостерігати життєздатний підріст достатньої густоти. Ця обставина дозволяє утворити з лісових порід, які є в наявності, у майбутньому тут мішаний ліс (рис. 3.6-3.7).



Рис. 3.6. Високий потенціал лісовідновлення на ділянці згарища 2015 року (стан на липень 2021).



Рис. 3.7. Середній потенціал лісовідновлення на ділянці згарища 2015 року (стан на липень 2021).

Ті ділянки лісу, які мали пірогенні ушкодження, але володіють низьким лісівничим потенціалом відновлюються значно повільніше попередніх. Зазвичай тут утворюється мозаїчний ландшафт на якому чергуються куртини хвойних порід з відкритими ділянками. Листяні деревні породи з'являються лише у зниженнях ландшафту (рис.3.8).



Рис. 3.8. Низький потенціал лісовідновлення на ділянці згарища 1992 року (стан на грудень 2019 року).

Таким чином, лісовим екосистемам заповідника було завдано найбільшої шкоди від пожеж. На лісові насадження утворені сосною звичайною і ушкоджені вогнем припадає 51% площ. Причому, слід відмітити, що найбільш вразливими до вогню є молодняки, їх частка складає 37%, а також середньовікові деревостани відсоток ушкодження яких становить 53%.

Проаналізовано стан лісових масивів, які або зазнали впливу пожеж, або ж були повністю знищені вогнем (табл. 3.5, рис. 3.9-3.10). Серед лісів, що постраждали від пожеж, 25% складають ліси, які повністю загинули.

Таблиця 3.5

Поділ лісів Заповідника, які були пройдені пожежами або загинули від вогню згідно потенціалу природного відновлення

Потенціал природного відновлення	Ліси пройдені пожежами		Загинувші ліси	
	га	%	га	%
Високий потенціал	34747,5	80,4	7079,6	66,7
Середній потенціал	7016	16,3	3011,6	27,9
Низький потенціал	824,5	3,3	506,1	5,4
Разом	42586,3	100,0	10589,3	100,0

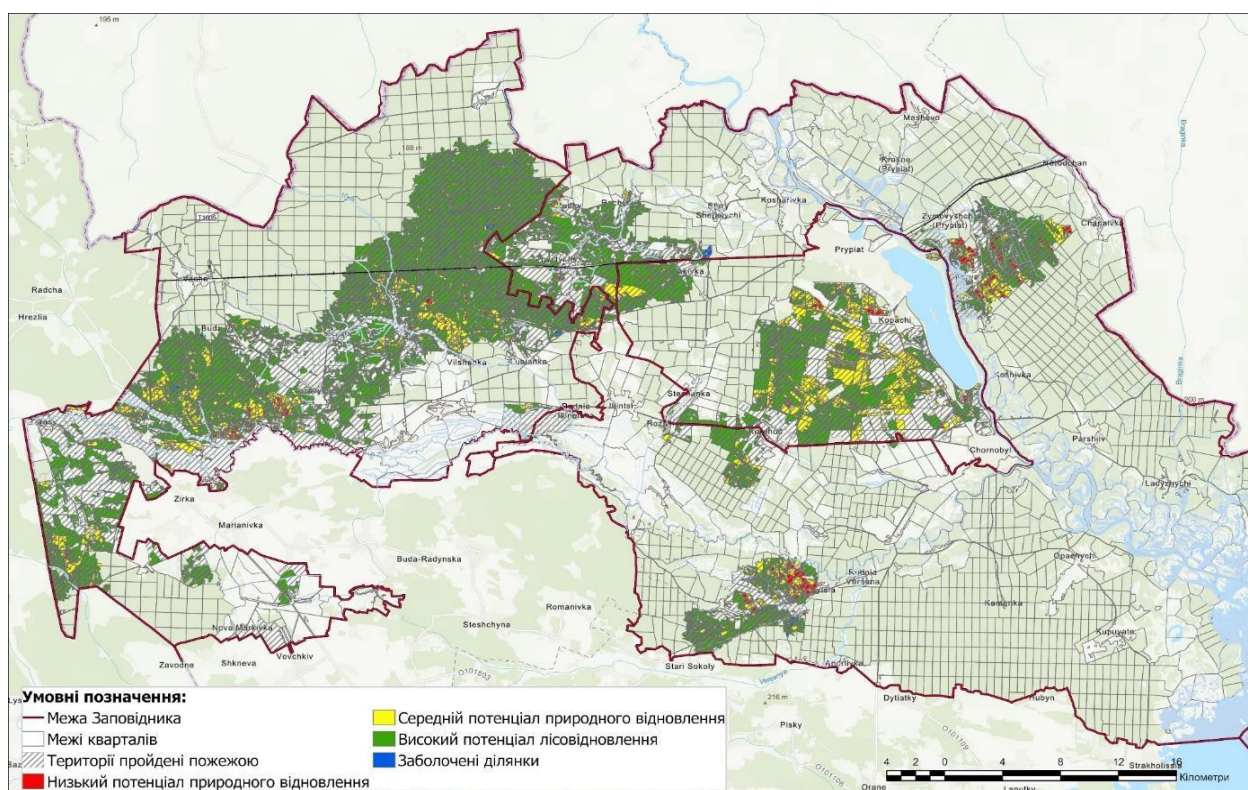


Рис. 3.9. Поділ лісів Заповідника, які зазнали впливу пожеж, згідно потенціалу природного відновлення

Встановлено, що ті лісові насадження, у яких просто пройшли пожежі, що не призвели до повної загибелі деревостанів, мають значно вищий еколого-лісівничий потенціал і, відповідно до цього, для них є характерним більш високий потенціал природного відновлення (81,6%), якщо порівнювати з цими ж показниками в лісах, які повністю були знищені вогнем. В останніх потенціал природного лісовідновлення становить 66,8%.

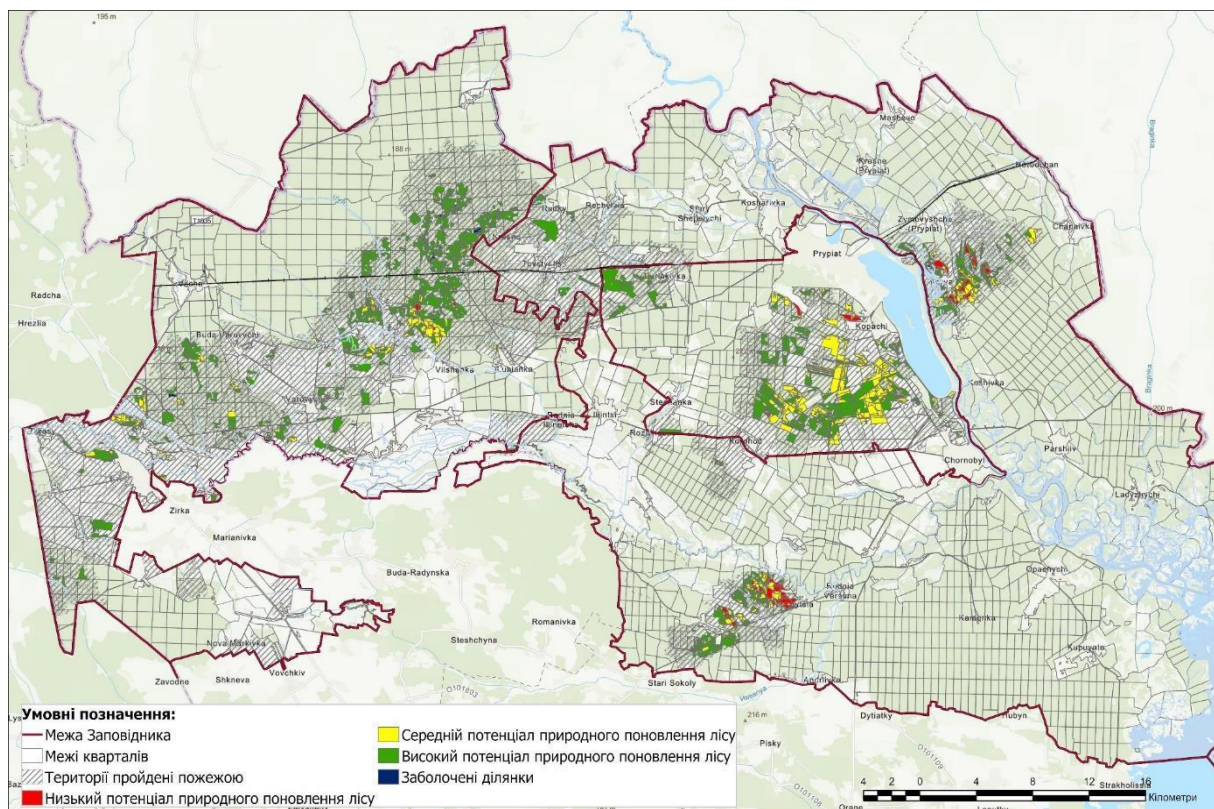


Рис. 3.10. Поділ лісів Заповідника, які були знищені вогнем, за потенціалом природного відновлення

Лісові насадження, які мають низький потенціал природного відновлення займають серед цих груп незначну частку – від 1,9 % в першій групі лісів до 4,8% – у другій групі.

Отримані дані вказують на те, що більшість площ лісів, які були ушкоджені пожежами, мають високий лісівничий потенціал, а це означає, що вони здатні самостійно відновлюватися і для цих процесів участь людини не є обов'язковою, оскільки вони є природними процесами. До того ж продоохоронне законодавство України забороняє лісокультурну діяльність людей на заповідних територіях. Певні заходи з відновлення лісових насаджень допускаються лише в буферній та антропогенних зонах, для чого обов'язково створюються проєкти організації території. Розглядаючи можливість здійснення лісовідновлювальних заходів на постпірогенних територіях Заповідника потрібно обов'язково враховувати Проєкт організації території [20] (рис. 3.11-3.12).

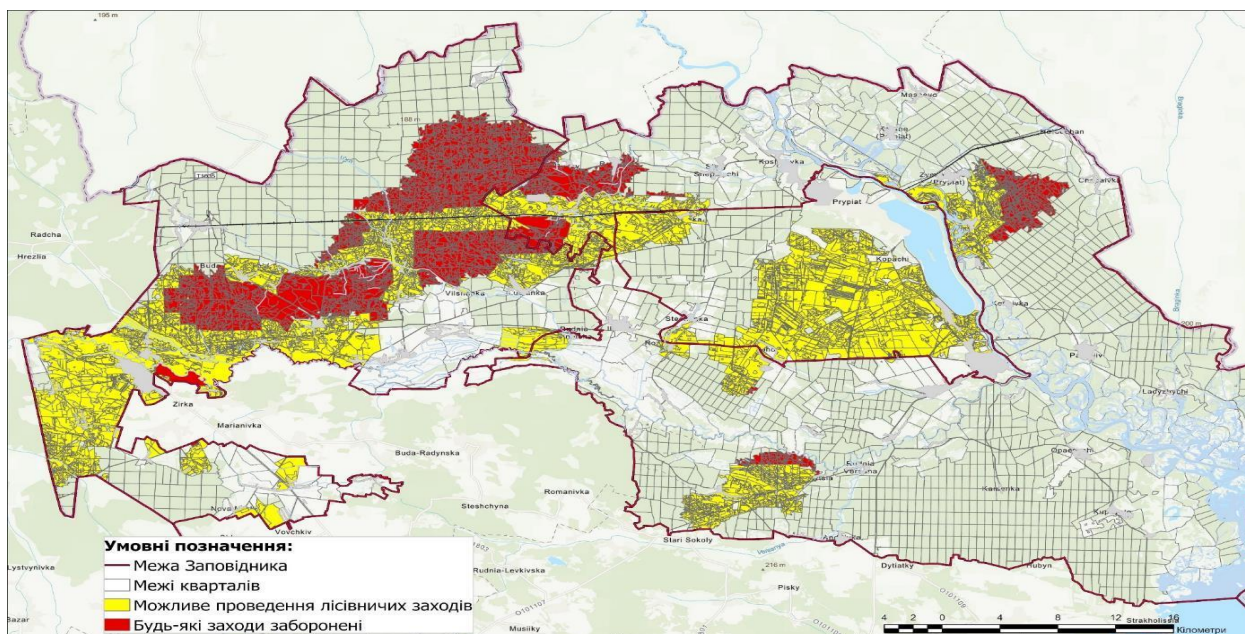


Рис. 3.11. Ділянки Заповідника, що зазнали впливу пожеж, на яких планується проведення заходів з лісовідновлення

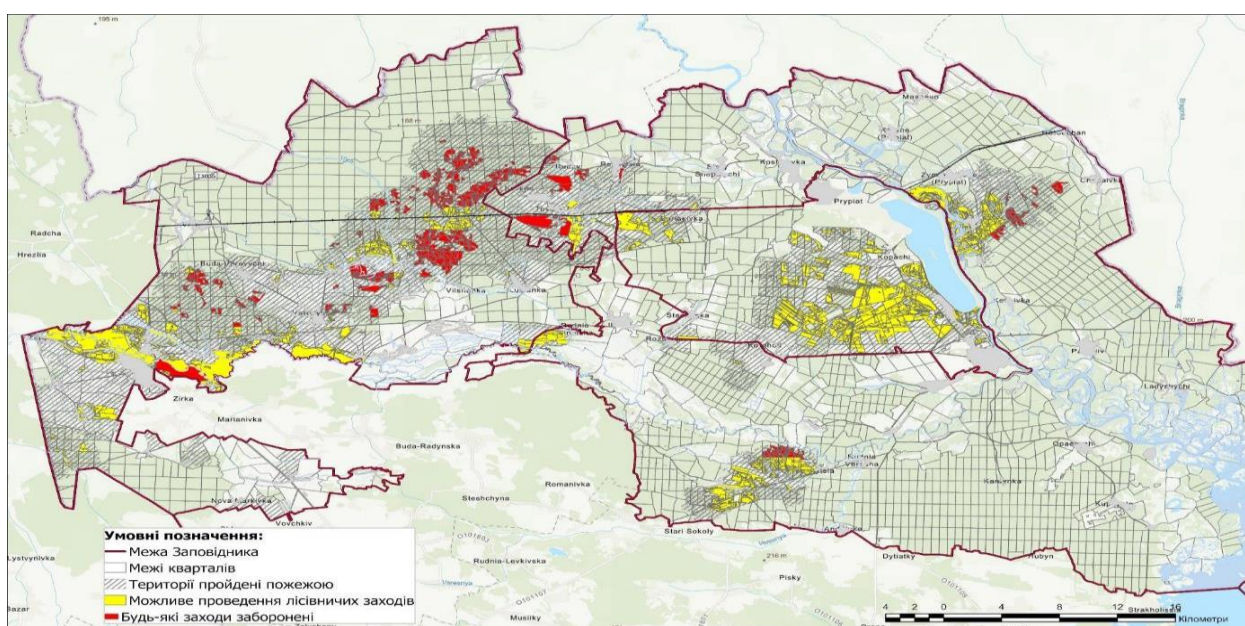


Рис. 3.12. Ділянки Заповідника, де деревостани були знищені або значно ушкоджені вогнем, на яких планується проведення заходів з лісовідновлення

Як бачимо, більшість територій Заповідника володіють високим лісівничим потенціалом і тому можуть відновлюватися після пожеж самостійно без додаткового втручання людини.

3.2. Ушкодження деревостанів вогнем та динаміка сукцесійних процесів в лісах Заповідника

Оскільки на територіях Заповідника ліси займають значні площі, природна пожежна небезпека тут є досить високою. В лісах Заповідника переважають соснові та дубово-соснові, рідше вільхові та вербові насадження. Розроблено низку профілактичних заходів, які б дали змогу запобігати пожежам на території Заповідника з метою збереження цінних рослинних комплексів. Проте ці заходи не є досить безпечними і можуть викликати деякі порушення заповідного режиму територій [21]. Взагалі ступінь порушення лісів визначається історією їх утворення та природним чи антропогенним впливом на них.

В кінці червня 2021 року у Заповіднику були проведені дослідження постпірогенного відновлення тих лісових насаджень, які в 2015 та 2020 роках були уражені низовими і верховими пожежами великої сили. Дослідження охопили лісові масиви Корогодського, Луб'янського та Паришівського лісництв.

Відомо, що пожежі виступають як суттєвий чинник запуску сукцесійних процесів в екосистемах [14]. Вивчення постпірогенних сукцесій надасть можливостей встановити їх значення з метою ефективного управління лісовими ресурсами, відновленими у післяпожежний період.

Закріплені природоохоронними законодавчими актами України обмеження стосовно здійснення лісівничих заходів на територіях ПЗФ, як то доглядові рубки чи прибирання захаращень, призводять до накопичення у лісах Заповідника горючих матеріалів рослинного походження у великій кількості, що буде сприяти підвищенню сили вогню під час пожежі [12].

Пожежі спричиняють зазвичай негативний вплив на біорізноманіття та господарську цінність лісів. Висока інтенсивність пожежі призводить до ушкодження флористичних та фауністичних компонентів лісу, які в умовах Заповідника досить часто містять рідкісні та цінні види. Тому можна сказати,

що пожежі порушують основні завдання, що висувуються до заповідних територій [13].

На сьогодні відомо небагато дослідницьких робіт, котрі стосуються процесів постпірогенного лісовідновлення та формування ярусів в деревостанах Полісся в післяпожежний період, коли відбувається трансформація лісових екосистем за дії вогню. Нестача досліджень такого скерування призводить до того, що більшість фахівців лісового господарства вважає, що низові пожежі спричиняють лише негативний вплив на лісові екосистеми [9]. Така думка науковців сприяла визначенню лісівничих заходів стосовно ділянок лісу, які були пройдені низовими пожежами та створенню рекомендацій за якими потрібно швидко проводити в таких лісах вибірккові чи суцільні санітарні рубки. Проте існуючий досвід практичного природокористування показує, що запропоновані заходи через певний час призводять до руйнації лісових насаджень, до ушкодження заповідної території та до знищення діаспор видів природної флори. Після таких заходів виникає необхідність штучного лісовідновлення, що подвоює збитки від незапланованих витрат на роботи по створенню нових культур. Виходячи з завдань, які стоять перед Заповідником та умов режиму заповідних територій, запропоновані заходи боротьби з наслідками низинних пожеж тут є взагалі неприйнятними [6].

Дослідженнями встановлено, що на ділянках Заповідника, які були зачеплені сильними пожежами в 2015 та 2020 роках, аборигенні види лісової рослинності замінюються синантропними, переважно рудеральними, видами. Було виявлено, що якщо пожежі були меншої інтенсивності, то корінні види живого надґрунтового покриву у лісових насадженнях відновлювалися швидше, оскільки вони зазнавали менших ушкоджень під час лісових пожеж. Показник подібності флор за таких умов має вищі значення.

У пожежі 2020 року, яка тривала майже місяць, найбільше постраждали лісові насадження, частка ушкоджених вогнем лісів складала 64,3%. Серед усіх типів лісів Заповідника найбільше постраждали сосняки, які в

основному загинули впродовж перших тижнів після пожежі. Та й ті, що залишилися, відмирають поступово впродовж двох чи трьох років. Листяні породи досить швидко (впродовж 1,3 місяців після пожежі) регенерують вегетативним способом. На рис. 3.15 показано схему розподілу лісів Заповідника, які зазнали пірогенного впливу, за типами деревостанів.

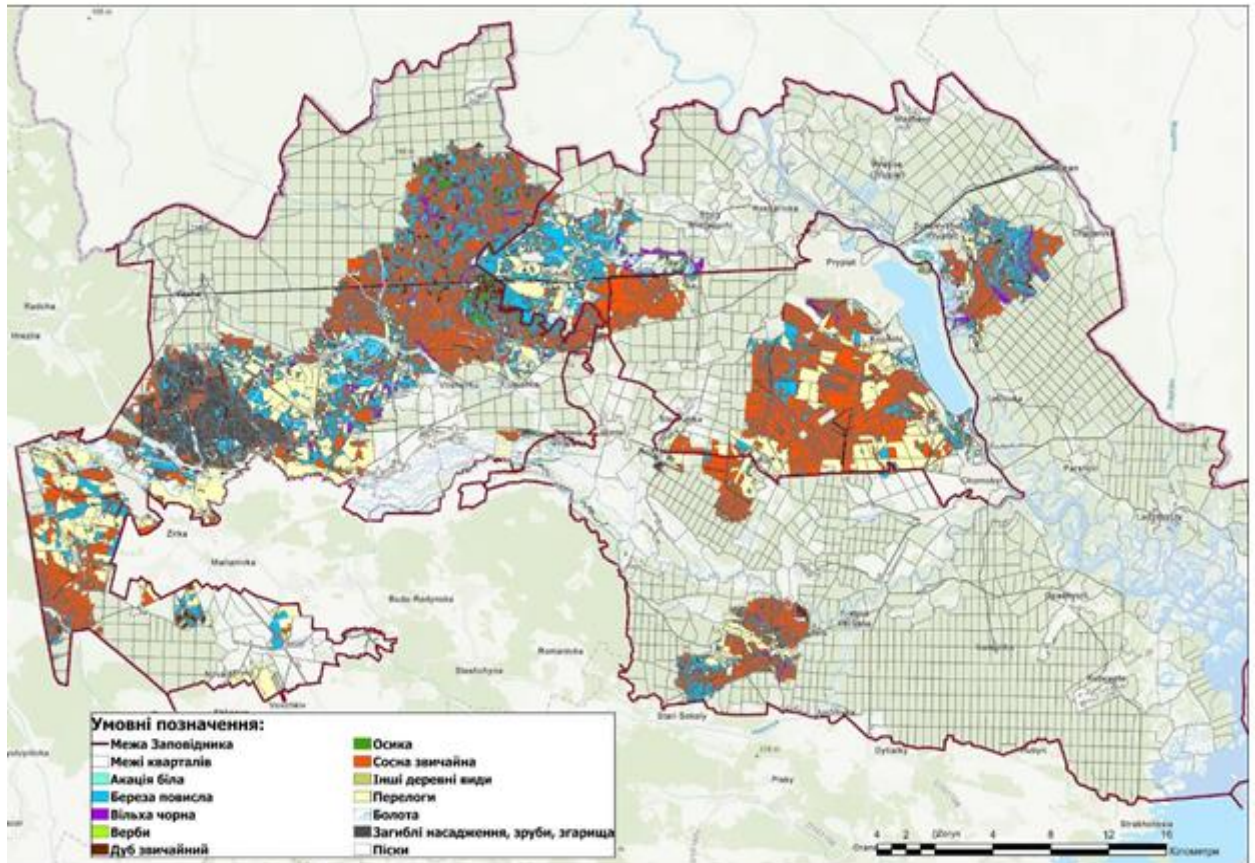


Рис. 3.15. Карта розподілу лісів Заповідника, які пройдені пожежами, за типами деревостанів

Під час досліджень виявили, що в ушкоджених лісах частка сосни звичайної була 53%, береза повисла складала 35%, дуб звичайний та вільха чорна мали по 6,4%. В заболочених ділянках лісових масивів найбільш вразливими були здебільшого соснові ліси, а інколи і вільхові та березові (рис. 3.16). Серед ушкоджених деревостанів середньовікових насаджень було 52,58%, а молодняки, серед яких переважають соснові, складали 37,15% (рис. 3.17).

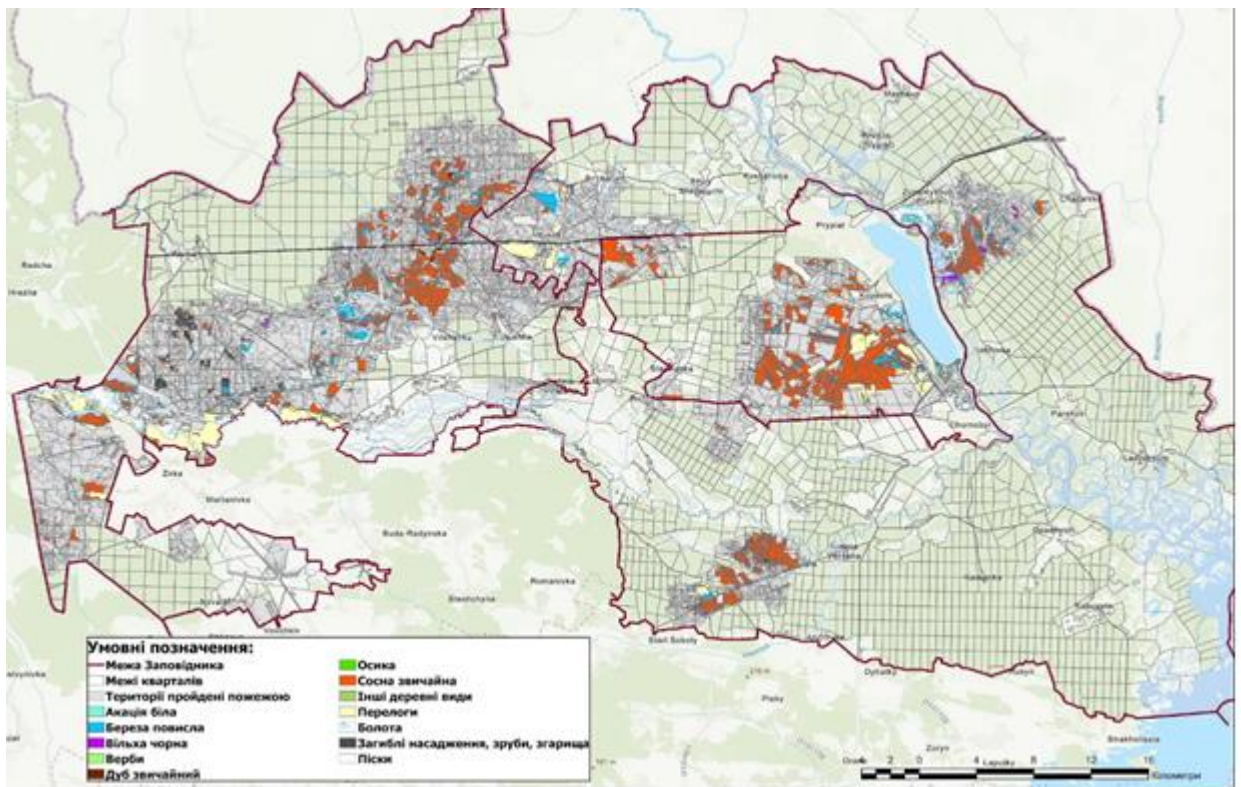


Рис. 3.16. Карта розподілу лісів, які загинули від вогню, за переважаючими породами

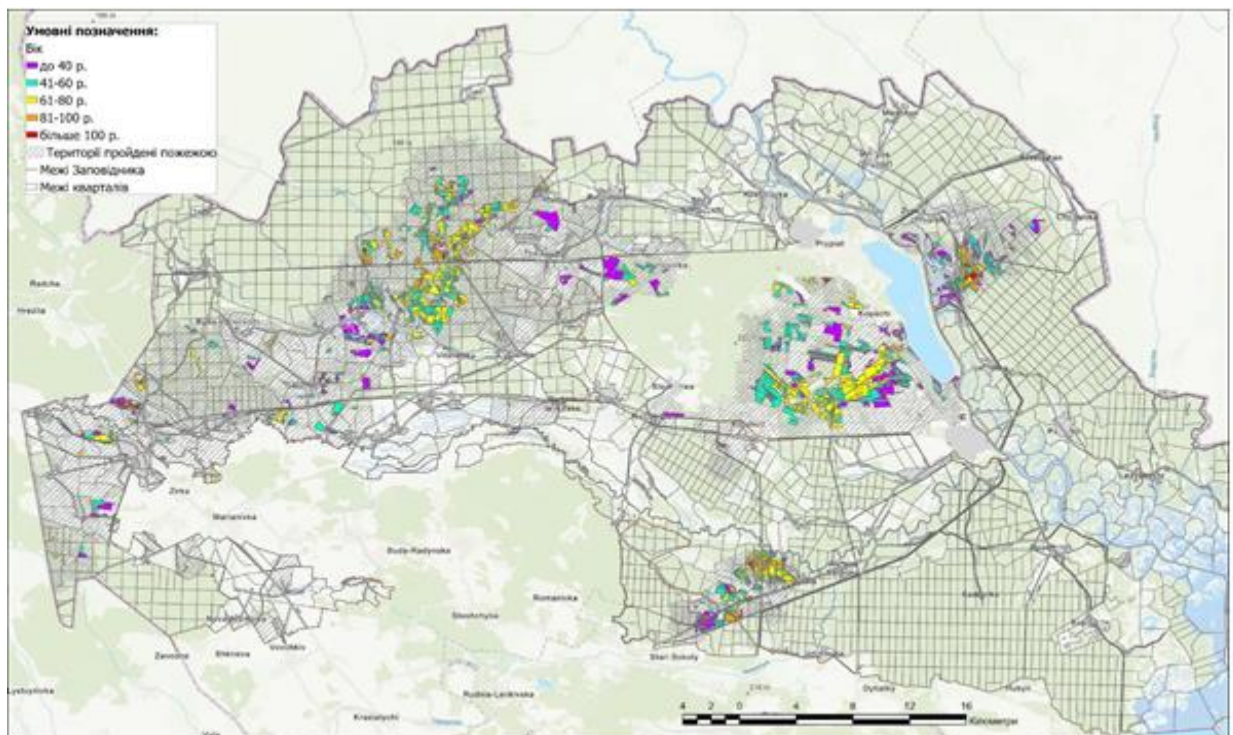


Рис. 3.16. Карта розподілу лісів, які загинули від вогню, за віком деревостанів

Спостерігаючи за відновленням горільників визначили, що серед деревних рослин та чагарникових видів найкраще відновлюються рослини осики (*Populus tremula* L.), берези повислої (*Betula pendula* Roth), вільхи клейкої (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), малини (*Rubus idaeus* L.), крушини ламкої (*Frangula alnus* Mill.) та різних видів ожини (*Rubus caesius* L., *R. nessesensis* W. Hall). Поновлення сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) відбувається не так швидко і залежить від поєднання певних факторів.

Сильні низові пожежі, які визначають структурні складові трав'яного та чагарникового ярусів, в умовах соснових та дубово-соснових лісів можуть знищувати ці яруси на 90-95%. Встановлено, що за перші два роки після пожежі рясність окремих компонентів лісових екосистем, таких як *Vaccinium myrtillus* L. та *Calluna vulgaris* (L.) Hull., була знижена з 10-50 відсотків до 1-5%, також відбувається заміна цих компонентів видами синантропними та лучними. Відмічені процеси поглиблюють процес десильватизації.

Після пожеж зазнає змін за видами трав'яний та мохово-лишайниковий яруси лісу. Інтенсивні верхова та низова пожежі після дії вогню на деревостани, знецінюють роль багатьох видів лісових культур. Проте в післяпожежних ценозах зростає значення синантропних видів лісової рослинності, які створюють проективне покриття. До таких відносяться наступні види: *Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg, *Solidago canadensis* L., *Erigeron canadensis* L., *Chamaerion angustifolium* L., *Chelidonium majus* L., *Lactuca serriola* Torner, *Senecio vulgaris*. *Hieracium virosum* Pall., *Berteroa incana*.

Низові пожежі, які мали середню інтенсивність, спонукають до розвитку через 1-3 роки трав'яний покрив, що складається із суміші природних видів, які до пожежі були характерними для даної місцевості (вони просто починають з часом відновлюватися). Також до трав'яного покриву починають входити рудеральні види, які утворюють проективне покриття в 30-40 %. На початку ХХІ ст. на базі Поліського природного заповідника було проведено дослідження, які ілюструють описані вище

післяпожежні зміни у складі рослинного покриву лісових масивів [6]. Характер цих змін цілком відповідає тенденціям змін, які впродовж останніх років фіксуються у лісах Луб'янського і Корогодського лісництв Заповідника.

Після завершення пірогенного впливу, на ділянках, які були ушкоджені вогнем, спостерігається відновлення та поширення більшого числа видів та поява значної кількості видів з родів, які раніше тут не реєструвались. Це роди *Chamaerion*, *Anisantha*, *Solidago*, *Erectites* та інші. Найбільше зростає різноманіття видів родин Злакові, Лободові, Капустяні, Айстрові, Гвоздичні.

Здійснення статистичного аналізу отриманих результатів дослідження показав, що показники біорізноманіття мають відхилення на окремо виділених дослідних ділянках, що можна, в певній мірі, пояснити зміною складу та вікових показників насаджень, різницею типологічних умов та зміною режимів господарювання на цих територіях. У дубово-соснових та сосново-березових насадженнях, які були пройдені низовими пожежами, відмічається максимальна кількість видів.

3.3. Постпірогенні зміни лісової рослинності Заповідника

Як уже зазначалось, в 1992, 2005, 2016 та 2020 роках на території Заповідника пройшли великі пожежі, які зачепили ліси зони відчуження [14]. Саме тут було проведено дослідження постпірогенних сукцесій рослинного покриву (рис. 3.13).

Під час досліджень здійснено аналіз проходження першої постпірогенної стадії демутації на згарищах 1992 та 2015 років для лісів всіх типів у досить широкому діапазоні: як то сухі лишайникові соснові чи мокрі вільхові. Такий широкий і масштабний діапазон горільників вказує на ту обставину, що, вочевидь, зміни клімату у ці роки призвели до пересихання лісової підстилки навіть у зволжених і заболочених місцях. Ці зміни зачіпають, насамперед, трав'яний покрив, який виступає як досить чутливий

індикатор процесів, які відбуваються, оскільки досить швидко реагує на ці зміни.



Рис. 3.13. Ділянки лісу ушкоджені пожежею (весна 2020 року) та процеси відновлення тут рослинного покриву (літо 2021 року)

Проте відмічено, що і деревостани всіх типів лісів після верхових пожеж не відновлюються, що пояснюється їх чутливістю до пожеж такого типу (рис. 3.14).

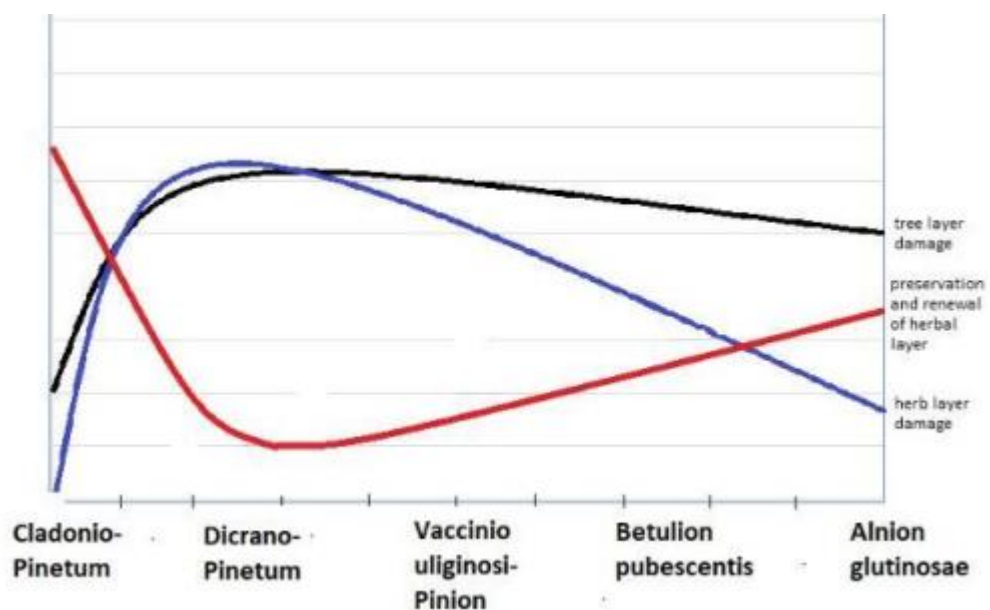


Рис. 3.14. Особливості постпірогенних змін лісових фітоценозів Заповідника

Зареєстровано утворення зімкнутих високостовбурних деревостанів, які у відсотковому відношенні складають 50-70% насаджень, розміщених на вирівняних ділянках рельєфу. І хоча тут умови є дещо збідненими для росту деревостанів, проте вони виявляються оптимальними для їх поновлення. Відновлені лісові насадження мають II і III класи бонітету і належать до асоціації *Dicrano-Pinetum*. Ліси, які росли на цих територіях до пожежі мали штучне походження. Проте, з огляду на те, що сосна досить добре поновлюється природним шляхом, ця лісова культура досить скоро займає найбільші площі серед інших лісових порід і є переважаючою культурою деревостанів. Однак під час пожеж всі компоненти саме цих екосистем (переважно сосняків), починаючи з ярусу дерев і до трав'яно-мохового ярусу виявляються надзвичайно чутливими до впливу вогню. Навіть на другий рік після проходження вогню наземний покрив тут має вигляд суцільного обвугленого шару ґрунту. На таких горільниках серед куртин можуть з'являтися лише одиночні екземпляри рослин. Навіть через якийсь час після пожежі рослинний покрив на цих територіях характеризується збідненим видовим складом, де переважають відомі постпірогенні види Полісся (наприклад, *Epilobium angustifolium*). З'являються на згарищах і інвазивні види рослин, що мають адвентивний характер (*Viola arvensis*, *Lactuca serriola*, *Senecio viscosus*, *Crepis rhoeadifolia*, *Oenothera biennis*, *Erigeron Canadensis* та *Chenopodium album*). Визначена значна стійкість до створених умов низки природних видів: це *Rumex acetosa* та *Rumex acetosella*, *Agrostis tenuis*, *Hypericum perforatum*, *Calamagrostis epigeios* та *Jasione montana*. Моховий покрив означених ценозів зазвичай утворений переважно двома видами – *Polytrichum commune* та *Ceratodon purpurascens*.

І хоча ліси асоціації *Quercus-Pinetum* є багатшими у видовому відношенні, проте сценарій післяпожежного відтворення тут рослинності є аналогічним. Підріст є низькорослим, утвореним деревцями *Betula verrucosa*, *Robinia pseudoacacia* та *Populus tremula*.

Ліси асоціації *Molinio-Pinetum* та частково *Vaccinio uliginosae-Pinetum*, які мали високі, зімкнуті насадження сосни і більш вологі умови, під час проходження пожеж зазнають значних змін. Однак, якщо ґрунтові умови можуть забезпечити їм достатньо вологи, а азотні та вуглецеві сполуки знаходяться в ґрунті у значних кількостях – тут з'являються та інтенсивно ростуть види високорослих рослин – *Pteridium aquilinum*, *Humulus lupulus*, *Rubus caesius*, *R. idaeus*, *R. Nissensis*, котрі здатні утворювати тут хащі та непролазні зарості. Таке швидке та інтенсивне формування рослинних угруповань за цих умов означає, що, вочевидь, вогонь не досяг нижніх, зволжених шарів ґрунту. А саме в цих шарах знаходяться підземні вегетативні органи тих видів рослин, які інтенсивно відновлюються.

Було помічено, що якщо рельєф території має знижені ділянки, то там як невеликі локалітети, які є близькими за показниками зволоження, трапляються ліси асоціації *Molinio-Betuletea* (*Betulion pubescentis*) [31]. В угрупованнях рослин, які з'являються тут під час процесів відновлення рослинності після пірогенного впливу, значна ценотична роль належить *Populus tremula*.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню особливостей післяпожежного лісовідновлення на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. Результати дають можливість сформулювати висновки:

1. Великі пожежі, які відбувалися у 1992, 2005 та 2016 роках, а також руйнівна пожежа 2020 року, зазвичай впливають на різноманітні ценози Заповідника, спричиняючи сильні ураження екосистем.

2. Під час великих пожеж ліси Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника постраждали набагато сильніше, ніж перелоги. Відновлення їх екосистем потребує більш тривалого періоду. Під час великої пожежі 2020 року було знищено 10,6 тис. га лісових масивів Заповідника.

3. Листяні породи відновлюються переважно вегетативно шляхом. Насіннєве відновлення їх є не таким успішним як у хвойних порід, у яких цей спосіб відновлення є переважаючим.

4. Для соснових насаджень характерним є більш повільний темп відновлення. Підріст у достатній кількості, а далі і утворення молодняків, займає часовий період від п'яти років і далі. І якщо тривалість відновлення хвойних насаджень продовжується, то ці території, де раніше росли корінні хвойні породи, займаються похідними листяними насадженнями, в яких переважаючими породами є береза повисла та осика.

5. Лісові пожежі призводять до ушкодження насаджень, проте природне поновлення деревних рослин на перелогах, призводить до збільшення ділянок, які зайняті мішаними лісами природного походження.

6. Найбільш суттєвих післяпожежних змін зазнали ліси, які знаходяться в умовах сухих і свіжих борів та за сирих і мокрих умов. Деревостани, що зазнали впливу вогню, за таких типів лісорослинних умов, були знищені на 43-100%.

7. Встановлено, що ті ділянки лісових масивів, які мали високий та середній потенціал лісовідновлення, в умовах заповідника поновлюються досить швидко. На них вже через 5-6 років можна спостерігати життєздатний підріст достатньої густоти. Ця обставина дозволяє утворити з лісових порід, які є в наявності, у майбутньому тут мішаний ліс.

8. Ділянки лісу, які мали пірогенні ушкодження, але володіють низьким лісівничим потенціалом відновлюються повільніше. Зазвичай тут утворюється мозаїчний ландшафт на якому чергуються куртини хвойних порід з відкритими ділянками. Листяні деревні породи з'являються лише у зниженнях ландшафту.

9. На лісові насадження утворені сосною звичайною і ушкоджені вогнем припадає 51% площ. Причому, слід відмітити, що найбільш вразливими до вогню є молодняки, їх частка складає 37%, а також середньовікові деревостани відсоток ушкодження яких становить 53%.

10. Серед лісів, що постраждали від пожеж, 25% складають ліси, які повністю загинули.

11. Встановлено, що ті лісові насадження, у яких просто пройшли пожежі, що не призвели до повної загибелі деревостанів, мають значно вищий еколого-лісівничий потенціал і, відповідно до цього, для них є характерним більш високий потенціал природного відновлення (81,6%), якщо порівнювати з цими ж показниками в лісах, які повністю були знищені вогнем. В останніх потенціал природного лісовідновлення становить 66,8%.

12. Лісові насадження, які мають низький потенціал природного відновлення займають серед цих груп незначну частку – від 1,9 % в першій групі лісів (ліси, пройдені пожежами) до 4,8% – у другій групі (ліси, знищені вогнем).

13. Більшість територій Заповідника володіють високим лісівничим потенціалом і тому можуть відновлюватися після пожеж самостійно без додаткового втручання людини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрієнко Т.Л., Білик Г.І., Брадiс Є.М. Геоботанiчне районування Української РСР. К. : Наук. думка, 1977. 302 с.
2. Бойчук А.Ф. Екологічні аспекти лісовідновлення. *Науковий вісник УкрДЛТУ* : 36. наук.- техн. праць. Львів : УкрДЛТУ. 2000, вип. 10.2. С. 8-12.
3. А. с. 49676 Україна. Зонування території України за потенційною успішністю природного насіннєвого поновлення / В. М. Маурер, А. П. Пінчук, І. В. Іванюк; заявл. 10.05.2013; опубліковано 14.06.2013.
4. А. с. 59210 Україна. Класифікація ділянок лісовідтворювального фонду / В. М. Маурер, А. П. Пінчук, С. В. Зібцев; О. А. Борсук; заявл. 10.05.2013; опубліковано 14.06.2013.
5. Васи́лишин Р.Д., Сли́ва О.А. Хiд росту модальних соснових деревостанiв Чорнобильської зони відчуження. *Ukrainian journal of forest and wood science*. 2020. Vol. 11, №4. P. 15-24.
6. Гуменюк В.В. Післяпожежне відновлення живого надґрунтового покриву в лісових насадженнях Поліського природного заповідника // Наук. вісник НЛТУ України. *Лісове і садово-паркове господарство*, 2013. вип. 23.13. С. 25-31.
7. Зібцев С.В., Сошенський О.М., Миронюк В.В., Гуменюк В.В. Ландшафтні пожежі в Україні: поточна ситуація та аналіз чинної системи охорони природних територій від пожеж. *Ukrainian journal of forest and wood science*. 2020. Vol. 11, №2. P. 15-31.
8. Бондаренко В.Д., Кузив Р.Ф., Копий Л.И.. Возобновление дуба в условиях Западной Лесостепи. Матер. 37 науч.-техн. Львовского Лесотехнического Института, Львов. Февр., 1985. Львовский лесотехнический ин-т. Львов, 1986. С. 26-28.
9. Воробьева Ф.М. Естественное возобновление в сосновых биогеоценозах. Структура и динамика растительности и почв в заповедниках. М. 1982. С. 23-28.

10. Герасимович О.В.. Заселение культур сосны и ели лиственными породами естественного возобновления в условиях Белоруссии. Белорус. НИИ лес х-ва. Гомель, 1983. 7 с. Деп. В ЦБНТИ лесхоз 26.05.83, № 231 лх-Д83.
11. Ильин А.М. Естественное формирование осинников / Воронеж. Лесотехн. Ин-т. Воронеж, 1983. 6 с. Деп. В ВИНТИ 08.12.83, № 6638-83 Деп.
12. Ипатов В.С., Голубицкая И.Н. Влияние напочвенного покрова на возобновление сосны в зеленомошно-лишайниковых сосняках. *Вестник ЛГУ. Биология*. 1987. № 3. С. 38-45.
13. Лісовий екосистемний менеджмент: нова парадигма збереження. Науковий огляд. Грегорі МакГі; Адаптація: В.В. Гуменюк, Є.О. Кременецька. Всесвітній фонд охорони природи в Україні. Київ : ТОВ «Статус Профі», 2019. 41 с.
14. Маурер В.М., Зібцев С.В., Савущик М.П., Борсук О.А. Науково-практичні рекомендації з еколого-безпечних підходів і методів відтворення лісів зони відчуження. Київ, 2015. 17 с.
15. Наукове обґрунтування інтегрованої системи охорони лісів від пожеж у кризових лісопожежних регіонах України як основи збереження біорізноманіття та стійкості лісових екосистем : звіт про НДР (заключний) / НУБіП України ; кер. С. В. Зібцев; викон.: О. А. Борсук [та ін.]. Шифр теми 110/385–пр. № ДР 0113U000959. Київ: НУБіП України, 2015. 296 с.
16. Петровский П.Я. Естественное возобновление осины в зависимости от типов леса в условиях северо-восточной части БССР. Материалы Конференции молодых ученых АН БССР. Минск. АН БССР. 1962. С. 276-281.
17. Степанчик В.В.. Порослевое возобновление ольхи черной в Белоруссии. *Ведение хозяйства в сосновых лесах БССР*: Сб. Науч. Тр. БелНИИЛХ. 1982. С. 95-101.

18. Федець І.Ф., Кучма Н.Д., Ткаченко Б.В.. Естественное возобновление дуба в СССР и возможности его практического использования. *Лесоводство и агролесомелиорация*. К., 1987, № 75. С. 3-5.
19. Шмідт В.Е. Природне та штучне поновлення в лісах українського правобережного Полісся. Труды з лісової досвідної справи на Україні. Харків, 1927. Вип. VII. 120 с.
20. Проект організації території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та охорони його природних комплексів. Т.1. – Мелітополь: ПП «Центр екологічного управління», 2020. 270 с.
21. Проект організації території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та охорони його природних комплексів. Том 2. Центр екологічного управління, 2021. 281 с.
22. Про створення Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. Указ Президента України від 26.04.2016 за № 174/2016. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/174/2016#Text>.
23. Про затвердження Програми Літопису природи. Наказ Міністерства ресурсів України і НАН України 25.11.2002 № 465/430. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v465_737-02#Text.
24. Zibtsev, S.V., Soshenskyi, O.M., Myroniuk, V.V., & Gumeniuk, V.V. (2020). Landscape fires in Ukraine: the current situation and analysis of the current system of protection of natural areas from fire. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(2), 15-31. doi: 0.31548/forest2020.02.015.
25. Barring Ulf. On the reproduction of aspen (*Populus tremulae* L.) with emphasis on its suckering ability. *Scand. J. Forest. Res.* 1988. 3, № 2. 229-240.
26. United States Geological Survey. (n.d.). Retrieved from <http://earthexplorer.usgs.gov>
27. Fire Information for Resource Management System. (n.d.). Retrieved from <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>

28. Zhukov, O.V., Kunah, O.M., Taran, V.O., & Lebedinska, M.M. (2016). Spatial variability of soils electrical conductivity within arena of the river Dnepr valley (territory of the natural reserve “Dniprovsko-orilsky”). *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*, 6(2), 129-157.
29. Fedonyuk, T.P., Galushchenko, O.M., Melnichuk, T.V., Zhukov, O.V., Vishnevskiy, D.O., Zymarioieva, A.A., & Hurelia, V.V. (2020). Prospects and main aspects of the GIS-technologies application for monitoring of biodiversity (on the example of the Chernobyl Radiation-Ecological Biosphere Reserve). *Space Science and Technology*, 26(6), 75-93.
30. Kunah, O.M., & Papka, O.S. (2016). Ecogeographical determinants of the ecological niche of the common milkweed (*Asclepias syriaca*) on the basis of indices of remote sensing of land images. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, Ecology*, 24(1), 78-86. doi: 10.15421/011609.
31. Lanner R.M. Effectiveness of the seed wing of *Pinus flexilis* in wind dispersal. "Great Basik Natur.". 1985, 45, № 2, 318-320.
32. Matsala M., Bilous A., Myroniuk V., Holiaka D., Schepaschenko D., See L., Kraxner F. The Return of Nature to the Chernobyl Exclusion Zone: Increases in Forest Cover of 1.5 Times since the 1986 Disasteru. *Forest*. 2021. Vol. 12, 1024. <http://dx.doi.org/10.3390/f12081024>.
33. Lindström A., Hellqvist C., Stattin E. Mini seedlings—A new forest regeneration system J. S. Colombo The Thin Green Line—A symposium on the state-of-the-art in reforestation—Proceedings Forest Research Information Paper. 2005. No. 160. P. 59 61 Sault Ste Marie, ON, Canada
34. Neary D. G., Ice G. G., Jackson C. R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. *For. Ecol. Manag.* 2009. Vol. 258. P. 2269–2281. doi: 10.1016/j.foreco.2009.05.027
35. Nilsson U., Örlander G. Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*. 1999. 29. P. 1015–1026.