

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

**Печніков Ігор Юрійович**

УДК 504.064:331

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ  
ЧОРНОБИЛЬСЬКОГО РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНОГО  
БІОСФЕРНОГО ЗАПОВІДНИКА**

Спеціальність 205 – Лісове господарство

Подається на здобуття освітнього ступеня Магістр

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

Печніков І.Ю.  
Науковий керівник  
Коломійчук В.П.  
доктор. біол. наук, доцент

Житомир-2024

## АНОТАЦІЯ

**Печніков І.Ю. Система моніторингу лісової рослинності Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

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

Кваліфікаційна робота присвячена вивченню основних аспектів моніторингу лісових насаджень Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника, а саме оцінці радіоактивного забруднення, стану лісових екосистем та їх пожежонебезпеки. Лісистість у Чорнобильському заповіднику є високою: Іванківський район — 58,5%, Поліський район — 66,4%. Основні породи дерев: сосна (56,1%), береза (28,9%), вільха (7,6%), дуб (4,6%), осика (1,1%) та інші (1,5%). Середній клас бонітету — 1,46. Переважають середньовікові насадження (74,8%). У 2022 році в зоні відчуження було зафіксовано 66 пожеж на площі 31 743,6 га, з них 61 пожежа — в межах заповідника. Погіршення пожежної ситуації пов'язане з російською агресією, оскільки було вкрадене і пошкоджене необхідне для протипожежної діяльності обладнання та техніка, а також заміновані великі території. Пік пожеж припав на березень 2022 року через бойові дії. Трекер-дозиметр bGeigie Nano довів свою ефективність для оперативного контролю потужності еквівалентної дози поза межами стаціонарних постів. Метод забезпечує швидкий контроль радіаційного стану на місцевості та виявлення аномалій.

**Ключові слова:** Чорнобиль, радіаційно-екологічний моніторинг, трекер-дозиметр, лісові пожежі, російська військова агресія.



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
Розділ 1. РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЛІСІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД) .....	7
1.1. Ліс, як об'єкт моніторингу .....	7
1.2. Організація радіоекологічного моніторингу лісів у Чорнобильській зоні відчуження.....	10
Розділ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	13
2.1 Характеристика лісів Чорнобильського радіаційно- екологічного біосферного заповідника.....	13
2.2 Облік пожеж .....	13
2.3 Використання трекерів-дозиметрів для оцінки експозиційної дозы.....	14
Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	16
3.1. Аналіз стану лісових насаджень Чорнобильського радіаційно- екологічного біосферного заповідника.....	16
3.2. Моніторинг пожежонебезпеки лісів ЧРЕБЗ.....	19
3.3. Моніторинг потужності еквівалентної дози в лісових екосистемах.....	23
ВИСНОВКИ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28
ДОДАТКИ.....	33

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Система моніторингу лісової рослинності Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (ЧРЕБЗ) спрямована на спостереження за динамікою екосистем у зоні відчуження після аварії на Чорнобильській АЕС [□3]. Ця система є важливим інструментом для оцінки екологічних змін, впливу радіації на рослинність і адаптації біосфери [□21, □23]. Основними аспектами моніторингу є: оцінка радіоактивного забруднення, вивчення стану лісових екосистем, оцінка біорізноманіття та пожежонебезпеки. Саме дослідженню всіх вище зазначених аспектів присвячена дана робота.

**Мета і завдання дослідження.** Мета дослідження – аналіз ефективності моніторингу лісових екосистем у Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику.

Для досягнення означеної мети вирішували наступні завдання:

- оцінити стан та біорізноманіття лісових насаджень ЧРЕБЗ;
- проаналізувати організацію протипожежної охорони лісових насаджень у Заповіднику;
- дослідити ефективність оперативного моніторингу потужності еквівалентної дози за допомогою гамма-трекера.

**Об'єкт дослідження** – система моніторингу лісової рослинності на радіаційно забруднених територіях.

**Предмет дослідження** – лісові насадження у Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику.

**Методи дослідження** – загально-наукові (аналіз, синтез, індукція, дедукція), а також польові дослідження, фізичні, статистичні методи, аналіз геопросторових даних.

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

- проведені системні дослідження радіоекологічного моніторингу за лісовими насадженнями у зоні відчуження;
- здійснено аналіз ефективності оперативного моніторингу потужності еквівалентної дози за допомогою гамма-трекера.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати дають можливість:

- покращити систему протипожежної охорони лісів ЧРЕБЗ;
- обґрунтувати використання трекер-дозиметрів для оперативного моніторингу потужності еквівалентної дози;
- отримувати дані про ПЕД поза межами стаціонарних постів моніторингової системи. для радіаційно-екологічного моніторингу в ЧРЕБЗ.

**Апробація результатів дослідження.** Результати кваліфікаційної роботи були оприлюднені на всеукраїнських конференціях:

1. Печніков І. Ю. Організація радіоекологічного моніторингу лісів у Чорнобильській зоні відчуження. Ліс, наука, молодь: матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф. (26 листопада 2024 р.). Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 140 - 141.

2. Колодій В.А., Печніков І.Ю. Підвищення продуктивності низькоповнотних деревостанів у ДП «Шаргородський райагроліс». Студентські наукові читання – 2024: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Присвячена I туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт (05 грудня 2024 р.). Житомир: Поліський національний університет, 2024. С.

3. Печніков І.Ю., Колодій В.А., оцінка стану лісових насаджень Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. Студентські наукові читання – 2024: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Присвячена I туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт (05 грудня 2024 р.). Житомир: Поліський національний університет, 2024. С..

# РОЗДІЛ 1. РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЛІСІВ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД)

## 1.1. Ліс, як об'єкт моніторингу

Розподіл радіоактивних випадів за площею має неоднорідний характер. На міграцію радіонуклідів у ландшафті впливає безліч чинників, тому прогнозувати її дуже складно [3]. Отримати інформацію про стан такої системи можна тільки шляхом регулярних спостережень. Функцію забезпечення інформації таким методом виконує радіаційно-екологічний моніторинг [1].

Радіаційно-екологічний моніторинг являє собою сукупність спостережень за радіаційним станом певного компонента довкілля, спеціальним чином організований у фізичному просторі та в часі. Інформація, одержувана під час реалізації програми моніторингу, призначена для оцінювання поточного стану і для здійснення прогнозу відповідних реакцій [38]. Як компоненти можуть виступати як окремі об'єкти (наприклад, сховище радіоактивних відходів, водойма, «гарячі точки»), так і цілі природні середовища та комплекси (поверхневі та підземні води, ландшафти, приземний шар атмосфери тощо) [16].

Серед складових компонентів природного середовища важливе місце посідає ліс. Важливою особливістю деревних і чагарникових рослин є тривалий термін життя та механічна стійкість [32]. Це забезпечує тривалу стабільність існування лісу та його резистентність до негативних впливів. Характер розташування дерев зумовлює особливий вплив на навколишнє середовище. Ліс змінює кліматичний режим місцевості тим істотніше, чим більший простір він займає [37]. У середині лісового масиву утворюється лісове середовище, яке відрізняється від такого за його межами. Крім цього,

ліси суттєво впливають на процеси ґрунтоутворення, водний цикл і є факторами регуляції клімату на глобальному та регіональному рівні [□28].

З позиції екології ліси мають критичне значення для збереження природного середовища. Рослинний покрив змінює характер і напрямок перебігу процесів у ландшафті. У ландшафтах без рослинного покриву основні процеси відбуваються внаслідок безпосередньої взаємодії гідрокліматичних чинників із геологічним середовищем, що призводить до розвитку лінійної та площинної ерозії [□20]. Рослинний покрив максимально змінює ці процеси, виконуючи буферну функцію між впливом приземного шару атмосфери та геологічного середовища шляхом утримання опадів і зменшення поверхневого стоку [□24]. Найбільше своє вираження ця функція знаходить у лісах. Бо ліси порівняно з іншими рослинними угрупованнями володіють найвищими показниками біомаси, продуктивності та стійкості [□35].

Соціальна цінність лісів полягає у виробництві благ, які споживаються всіма членами суспільства або мають опосередкований вплив на економічні цінності. Сюди відносять такі функції лісу: регуляцію водного циклу [□18] та клімату (у т. ч. зменшення кліматичних коливань, які ведуть до появи надзвичайних ситуацій) [□25], захист ґрунтового покриву [□26], збереження біорізноманіття [□31]. Таким чином, забезпечуються оптимальні, для існування людини, характеристики довкілля. Ці функції лісу називають екосистемними послугами [□39].

У ситуації радіаційної аварії функціональне значення лісових екосистем змінюється [□10]. Створюється нове проблемне поле, що призводить до необхідності пошуку рішень безлічі завдань: забезпечення радіаційної безпеки на ранній стадії аварії; стабілізація радіаційної обстановки; зменшення потоку радіонуклідів, оцінка економічних збитків і пошук шляхів їх мінімізації на проміжній і пізній стадії [□9].



На ранній стадії аварії лісовкриті території є одним із чинників формування первинних випадінь із приземного шару атмосфери. Лісові масиви змінюють швидкість і напрямки руху повітря, крони дерев затримують частинки випадінь [□36]. Як показують спостереження, на лісовкритих площах випадає більша кількість радіоактивних речовин, ніж на безлісах [□27].

На проміжній і пізній стадії ліс відіграє роль природного бар'єру в поширенні радіонуклідів і фактора стабілізації радіаційної обстановки. Деревина поглинають ізотопи з ґрунту, частина з яких фіксується в тканинах стовбура, внаслідок чого вони надовго випадають із біологічного кругообігу [□33].

Внесок у стабілізацію радіаційної обстановки лісові екосистеми вносять так само шляхом зменшення поверхневого стоку і закріплення ґрунту. Це веде до сповільнення швидкості переміщення речовини та міграції радіонуклідів у ландшафті [□23].

Разом з тим, за певних умов, лісові екосистеми можуть вивільняти накопичені запаси радіонуклідів і створювати нові потоки [□29]. Наприклад, надходження радіонуклідів в атмосферу під час лісової пожежі та масового цвітіння; так само лісові пожежі можуть спричинити залпове надходження радіонуклідів у річки в умовах гірського ландшафту [□34].

Ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення з метою отримання використання лісової продукції є складним завданням [□17]. Не існує умов, які апріорно дають змогу отримувати «чисту» продукцію в умовах нерівномірного забруднення місцевості. Необхідно вирішити проблему невизначеності [□2]. Її можна мінімізувати, тільки проводячи збір даних засобами контролю та моніторингу [□11].

Аналіз даних, отриманих у результаті моніторингу, може показати «відкриті» і «закриті» зони для отримання ресурсів. Радіаційний контроль

продукції дає змогу унеможливити потрапляння в господарський обіг забрудненої продукції [□19].

Розв'язання завдань, які впливають з описаного вище проблемного поля, вимагає використання великої кількості актуальної інформації про радіаційний стан лісів на території, що постраждала внаслідок радіаційної аварії. Таким чином, моніторинг лісових екосистем є обов'язковою підсистемою радіоекологічного моніторингу (якщо в районі спостереження ростуть ліси).

## **1.2. Організація радіоекологічного моніторингу лісів у Чорнобильській зоні відчуження**

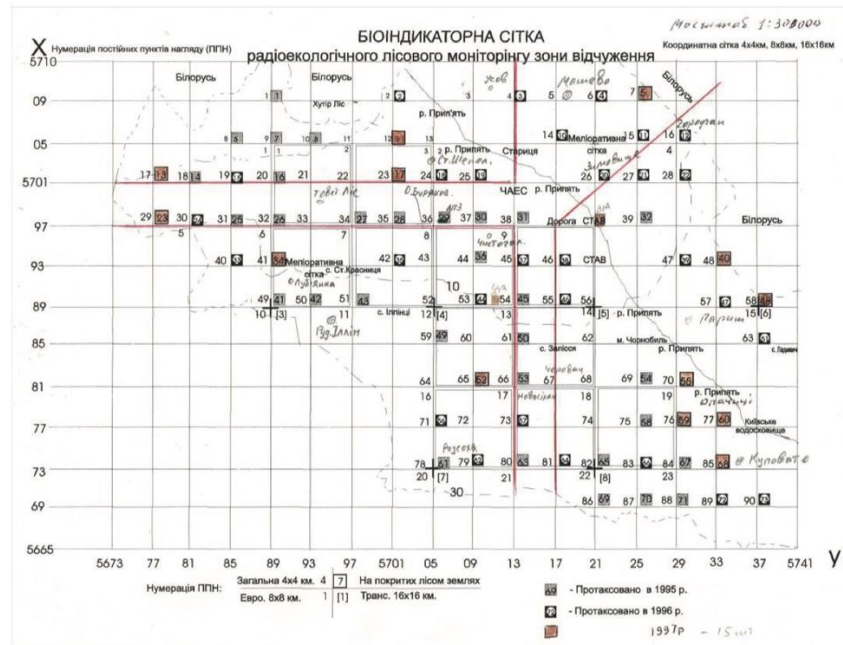
До 1996 року радіоекологічний моніторинг лісів зони відчуження не проводився. Причиною для початку його ведення стало відновлення лісового господарства в зоні відчуження і розуміння необхідності управління лісами на цій території. Спочатку радіоекологічний моніторинг лісів зони відчуження входив як підсистема комплексного лісового моніторингу, що містив у собі спостереження за санітарною та екологічною обстановкою в лісах [□21].

Радіоекологічний моніторинг забезпечував отримання такої інформації: кількісні залежності в системі «щільність забруднення ґрунту – вміст радіонуклідів» у кожному типі лісорослинних умов (ТЛУ), розподіл радіонуклідів у ґрунтах для різних ТЛУ, діапазон коефіцієнтів переходу. Використовувалася мережа спостережень моніторингових ділянок, розташованих за сіткою 16 на 16 км, 8 на 8 км, 4 на 4 км (рис. 1.1.) [□1].

Мережа спостереження включала два рівні [□6]:

1) екстенсивний, спрямований на збір масиву статистичної інформації;

2) екстенсивний, на якому проводяться спеціалізовані дослідження, спрямовані на встановлення причинно-наслідкових зв'язків змін, виявлених на першому рівні.



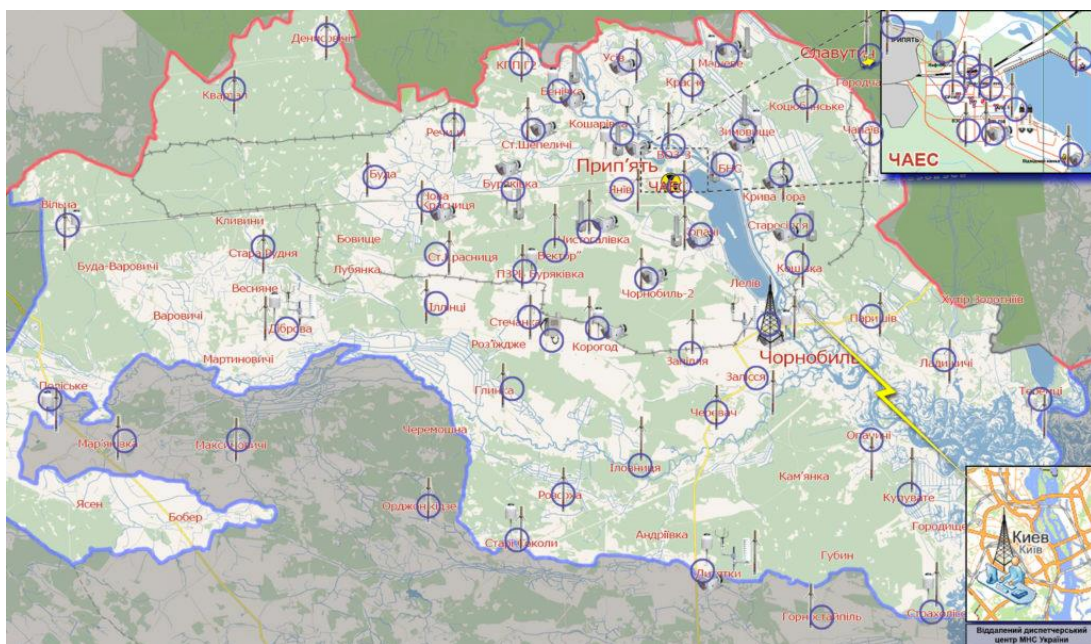
**Рис. 1.1. Мережа спостереження радіоекологічного моніторингу лісів зони відчуження [□1]**

Точки мережі спостереження першого рівня розташовуються на сітці, точки мережі другого рівня – за типовими і «критичними» ландшафтами [□7].

У 1999 р. ведення радіоекологічного моніторингу лісу було передано в спеціалізоване підприємство, яке проводило радіоекологічний моніторинг по всій зоні відчуження. Мережа спостереження була сильно перетворена - мережеве розташування точок спостережень прибрати. Було створено 10 полігонів розташованих на різній відстані від ЧАЕС. Основна увага приділялася забрудненню деревостану та інших компонентів фітоценозу. Зразки ґрунту відбирали тільки для оцінки поверхневого забруднення (0-20 см) [□4].

На сьогодні радіаційно-екологічний контроль довікля у зоні відчуження виконує ДСП «Екоцентр». Дослідження рівня радіонуклідів

охоплює аналіз повітря, поверхневих і підземних вод, стічних і технічних вод, ґрунту, компонентів наземних і водних екосистем, продуктів харчування, а також об’єктів у несанкціонованих поселеннях самопоселенців. Мережа спостережень включає 146 пунктів моніторингу. Автоматизована система радіаційного контролю (АСКР) здійснює постійний моніторинг потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання (ПЕД) на 39 пунктах, розташованих у зоні відчуження, зокрема у промисловій зоні ЧАЕС і місті Славутич (рис. 1.2) [□12, □13].



**Рис. 1.2. Розміщення постів АСКРС у Чорнобильській зоні відчуження**

На території Заповідника функціонують такі елементи спостережної мережі: 16 пунктів автоматизованої системи контролю радіаційного стану (АСКРС), 7 пунктів для моніторингу поверхневих вод і 5 пунктів для контролю приземного шару атмосфери. ДСП «Екоцентр» надає дані про радіаційну обстановку на території у вигляді щоденних і щомісячних звітів.

## **РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Характеристика лісів Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника**

У відповідності з Указом Президента України від 26 квітня 2016 року № 174 «Про створення Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника» до складу Заповідника увійшли земельні ділянки в межах зони відчуження площею 226964,7 га [□12- □15].

Основне (базове) лісовпорядкування для території Зони відчуження (ДСП «Північна Пуща») було виконано у 2016 році.

Основним лісокористувачем на даних територіях є Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник, що розташований в північній частині Київської області на території Іванківського та Поліського адміністративних районів.

До складу Заповідника входять 13 природоохоронних науководослідних відділень (ПНДВ) (Бенівське, Денисовицьке, Вільчівське, Яковецьке, Луб'янське, Дібровське, Паришівське, Теремцівське, Опачицьке, Розсохівське, Куповатське, Поліське та Корогодське). Ліси Заповідника знаходяться в басейнах річок Прип'ять, Уж, Ілля.

З наявних лісовпорядних документів нами була вибрана відповідна таксаційна характеристика лісових ділянок, які за вищевказаним Указом Президента України включені до Заповідника. Такі таксаційні показники, як вік, повнота та типи лісорослинних умов деревостанів, були відповідним чином актуалізовані та проаналізовані.

### **2.2. Облік пожеж**

Лісопожежна ситуація в зоні відчуження була проаналізована із застосуванням методики, розробленої С. В. Зібцевим [□5] для територій,

забруднених радіонуклідами. У ході аналізу враховувалися всі фактори та процеси, які впливають на ризик виникнення пожеж, стан охорони територій, а також рівень радіоактивного забруднення лісів.

Дані по пожежам були отримані з інформаційних довідок і проаналізовані за допомогою супутникових зйомок (VIIRS, MODIS), з подальшим уточненням площі пожеж на основі зображень із супутників Sentinel-2 та Landsat 8,9.

Обробка експериментальних даних була проведена з використанням методів математичної статистики, зокрема для визначення середніх таксаційних показників деревостанів, середньої ваги та потужності лісової підстилки, а також середньоквадратичних відхилень і середніх похибок. Статистичний аналіз даних здійснювався за допомогою програмних засобів Microsoft Office Excel та Statistica. Картографічні матеріали були створені за допомогою програмного забезпечення QGIS.

### **2.3. Використання трекерів-дозиметрів для оцінки експозиційної дози**

У 2022 році в рамках співпраці з міжнародною організацією Safecast було співробітниками Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника розпочато збір даних про радіаційний стан, в тому числі лісових екосистем, за допомогою трекерів-дозиметрів bGeigie Nano.

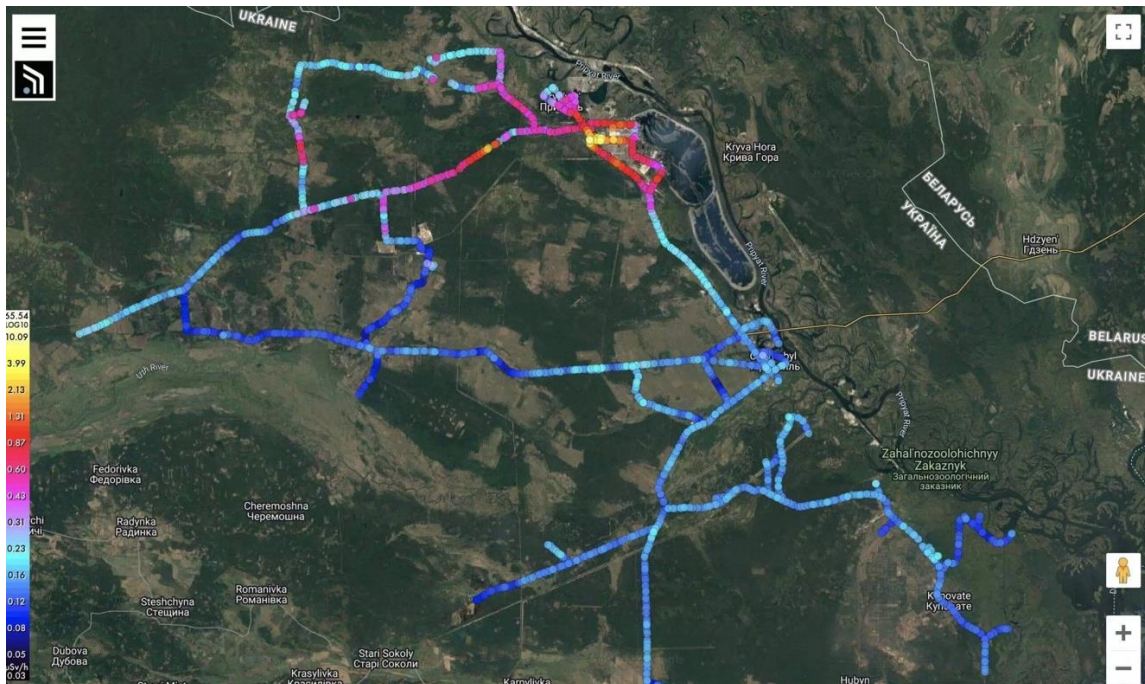
Пристрій Safecast bGeigie Nano можна встановити на зовнішній частині автомобільного вікна, на велосипед, поїзд, літак та інші види транспорту або просто покласти в рюкзак під час прогулянки. Він робить заміри кожні 5 секунд, записуючи координати і час. (рис. 2.1).





**Рис. 2.1. Зовнішній вигляд та розташування трекера-дозиметра bGeiger Nano на службовому транспорті**

Починаючи з червня 2022 року, було здійснено приблизно 33 600 вимірювань потужності експозиційної дози (мкЗв/год) (рис. 2.2.).



**Рис. 2.2. Просторове розташування точок вимірювання ПЕД**

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Аналіз стану лісових насаджень Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

Загальна площа земель лісового фонду становить 226964,7 га. Лісистість адміністративних районів, на яких розташований Заповідник складає: Іванківський район – 58,5 %, Поліський район – 66,4 %. Ліси на території розташовані практично суцільним масивом в північній частині Заповідника, та окремими урочищами – в південній.

У зв'язку зі створенням Заповідника у відповідності з постановою Кабінету Міністрів України від 16.05.2007 р. № 733 «Про затвердження поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок» проектується віднесення всіх його лісових ділянок до категорії – ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення.

*Таблиця 3.1.*

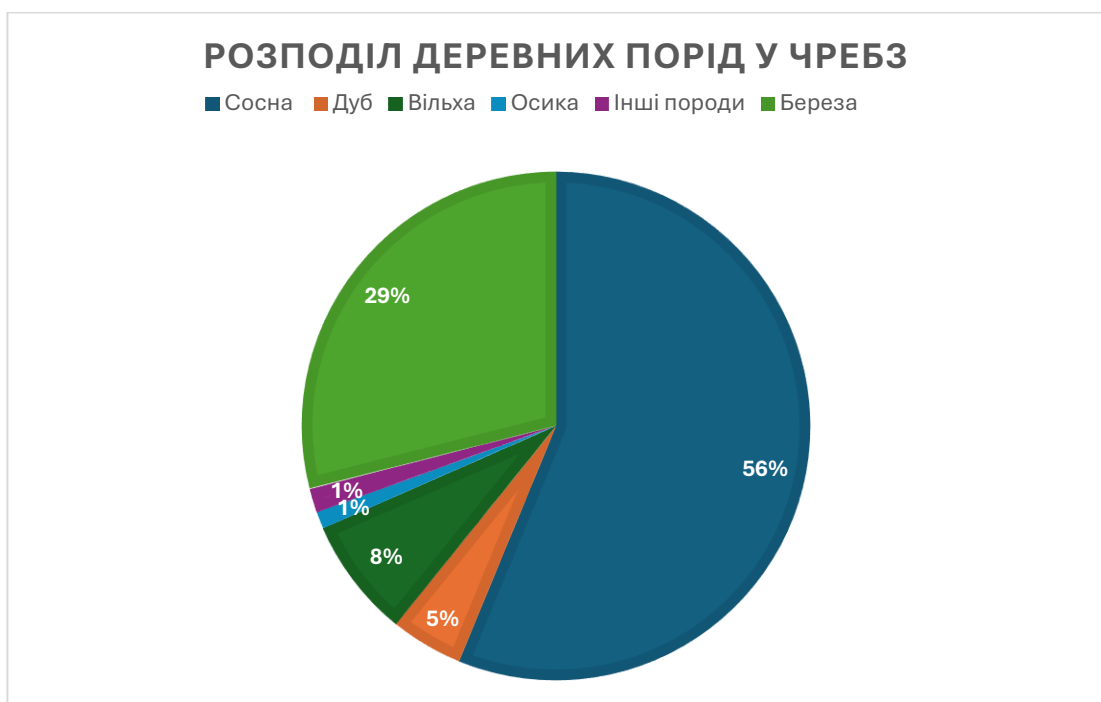
#### Розподіл лісових ділянок серед землекористувачів у розрізі функціональних зон

Землекористувачі та землевласники	Заповідна зона		Буферна зона		Зона регульованого заповідного режиму		Зона антропогенних ландшафтів		Усього	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
<b>1. Адміністративний район – Іванківський</b>										
Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник	36692,91	16,2	28107,01	12,4	44990,40	19,8	36092,48	15,9	145882,80	64,3
<b>2. Адміністративний район – Поліський</b>										
Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник	35249,00	15,5	14675,70	6,5	35,60	0,0	31121,60	13,7	81081,90	35,7
Всього	71941,91	31,7	42782,71	18,8	45026,00	19,8	67214,08	29,6	226964,70	100,0



В цілому до заповідної зони віднесено 31,7 % лісових ділянок Заповідника, до буферної зони – 18,8 %, до зони регульованого заповідного режиму – 19,8 %, до зони антропогенних ландшафтів – 29,6 % (таблиця 3.1.). Площі в таблиці наводяться згідно з матеріалами останнього базового лісовпорядкування, яке проводилось у зоні відчуження в 2016 році.

Основними деревними породами на території Заповідника є сосна (56,1 %), дуб (4,6 %), береза (28,9 %), вільха (7,6 %), осика (1,1 %) інші породи (1,5 %) (рис. 3.1, Додаток А).



**Рис. 3.1. Розподіл деревних порід у ЧРЕБЗ**

Середній вік лісових насаджень – 53 роки. Середній клас бонітету (показник продуктивності) – 1,46. Середня повнота – 0,71 (оптимальна 0,7-0,9) ( Додаток А).

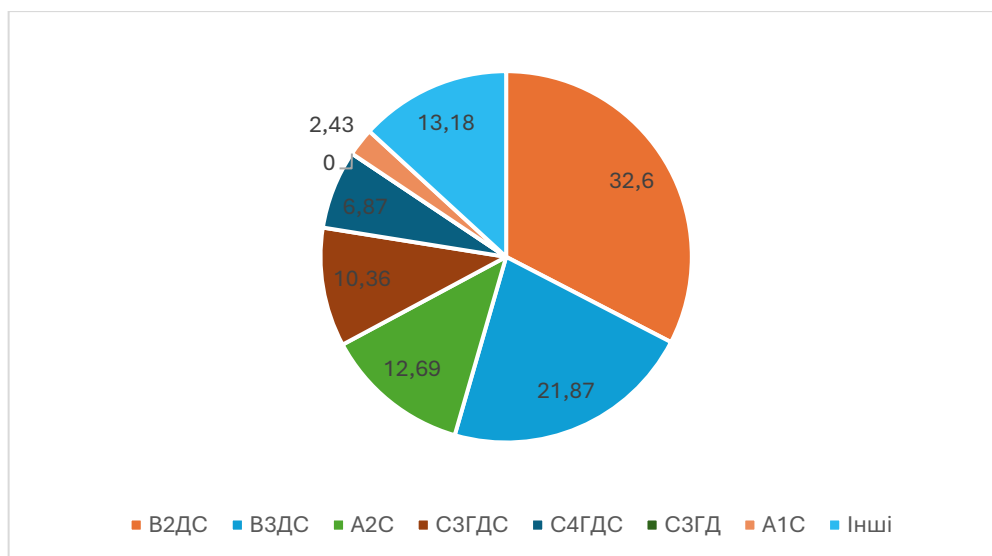
Практично насадження всіх панівних порід Заповідника є характерними для Полісся України.

У Заповіднику переважають насадження 1 та 2 класів бонітету. В цілому вони займають 78,38 %, у заповідній зоні – 81,88 %, у буферній зоні – 75,09 %, у зоні регульованого заповідного режиму – 75,34 %, у зоні

антропогенних ландшафтів – 77,33 %. Середній клас бонітету насаджень в цілому по Заповіднику становить 1,46, у заповідній зоні – 1,5, у буферній зоні – 1,5, у зоні регульованого заповідного режиму – 1,5, у зоні антропогенних ландшафтів – 1,37 (Додаток Б).

У Заповіднику переважають середньовікові насадження (74,8 %) (Додаток В). Стиглі і перестійні насадження в цілому займають по площі 3,74 %, які, в основному, представлені березовими, осиковими та вільховими деревостанами.

На території Заповідника переважають такі типи лісу: свіжі дубово-соснові субори – 32,06 %, вологі дубово-соснові субори – 21,87 %, свіжі соснові бори – 12,69 % та вологі грабово-дубово-соснові сугруди – 10,36 % (рис. 3.2., Додаток В).



**Рис. 3.2. Переважаючі ТЛУ у ЧРЕБЗ**

Соснові ліси формуються на дерново-слабопідзолистих і середньоопідзолених піщаних і супіщаних ґрунтах різного ступеня зволоження, а також на торф'яно-підзолистих і торф'яних ґрунтах. Трав'янистий покрив у них представлений такими групами асоціацій: лишайникова (подекуди), зеленомохова (найбільші площі) і чорнично-зеленомохова (звичайно), сфагнова (рідко), орлякова (зрідка в південній

частині). Основну площу займають культури сосни (*Pinus sylvestris*). Зазвичай вони рідкотравні або в них переважають злаки (куничник наземний – *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. На більш родючих ґрунтах розвиваються сосново-дубово-грабові ліси (сугруди) з характерним для широколистяних лісів трав'янисто-чагарниковим ярусом. Дубово-грабові ліси ростуть на дерново-підзолистих суглинкових або сірих опідзолених ґрунтах і мають добре розвинений підлісок. Вільшанники поширюються на низинних вологих і сирих ділянках із дерново-підзолисто-глейовими ґрунтами.

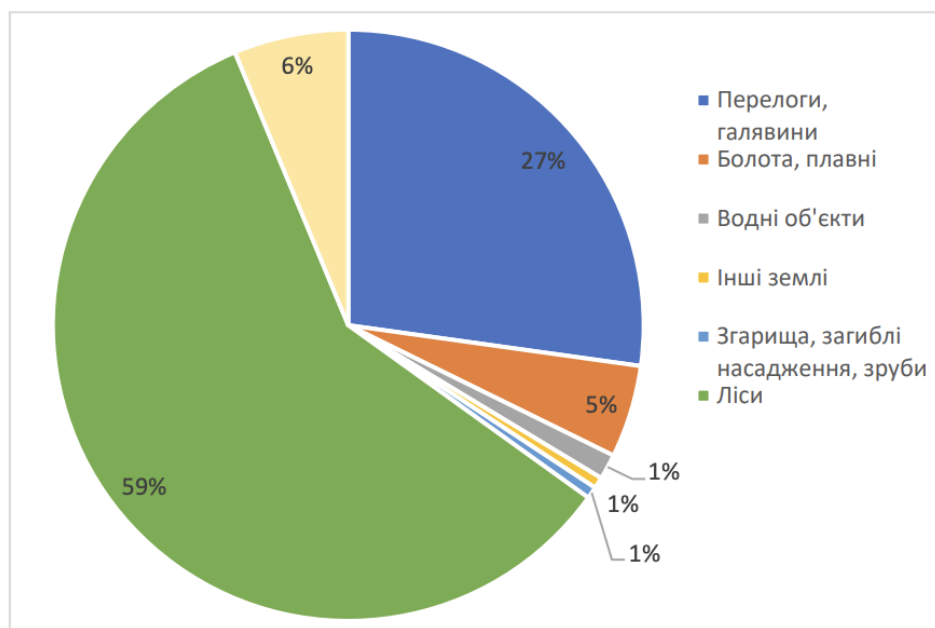
### **3.2. Моніторинг пожежонебезпеки лісів ЧРЕБЗ**

Ведення статистики пожеж у зоні відчуження розпочалося з 1993 року, після створення лісгосподарського підприємства у післяаварійний період [□5]. Під час збору інформації з'ясувалося, що дані про пожежі часто були неповними, зокрема не вказували точних координат. Однак ці недоліки суттєво не вплинули на достовірність аналізу загальної пожежної ситуації. У період з 1993 по 2022 роки на території зони відчуження зафіксовано 1796 пожеж, які охопили 120395,17 га територій, забруднених радіонуклідами (Додаток Г). Аналіз показує наявність помітних максимумів у 1995, 1999, 2002, 2009, 2015 і 2020 роках, коли кількість і площа пожеж значно перевищували показники попередніх і наступних років. Додатково у 2022 році спостерігався новий пік пожежної активності, спричинений військовою агресією Росії проти України.

У 2022 році на території зони відчуження було зафіксовано 66 пожеж, які охопили площу 31 743,6 га. З них 61 пожежа сталася на території Заповідника. У разі формування несприятливих погодних умов, подібних до тих, що спостерігалися у 1992, 2015 та 2020 роках (коли відбувалися масштабні пожежі значних розмірів), зберігається висока ймовірність

повторного виникнення великих пожеж. Їхні масштаби залежатимуть як від погодних факторів, так і від ефективності роботи протипожежної служби. У 2022 році ситуація на території Заповідника зазнала суттєвих змін. Під час окупації зони відчуження було пошкоджено та викрадено значну частину техніки ДСП «Північна Пуща», яка застосовувалася для лісогосподарських і протипожежних заходів. Через військові дії та забруднення території вибухонебезпечними предметами можливості безпечного виконання природоохоронних, лісогосподарських і протипожежних робіт значно зменшилися. Зони, що залишаються забрудненими мінами та іншими вибухонебезпечними предметами, є недоступними для гасіння пожеж, що створює значний ризик для життя і здоров'я персоналу та пожежних [8].

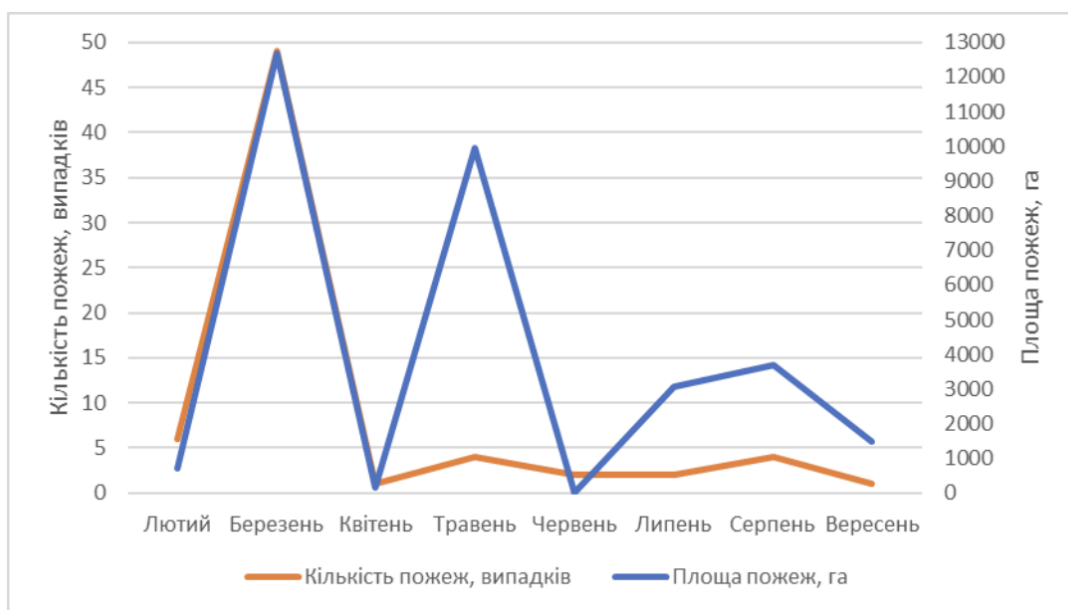
Найбільшу площу зайняли пожежі в лісових масивах, які здебільшого відбувалися в період з травня по вересень (рис. 3.3.).



**Рис. 3.3. Розподіл площі пожеж за категоріями земель у ЧРЕБЗ в 2022 р.**

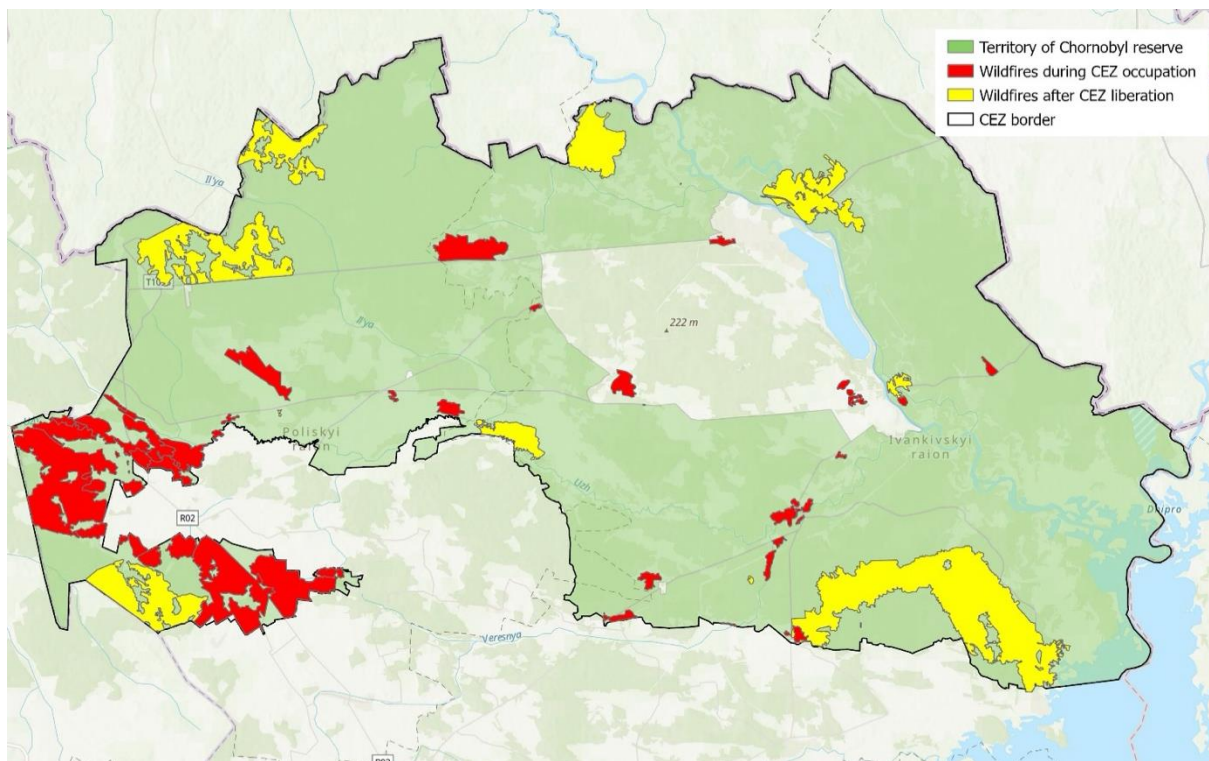
Основною причиною цих загорань стало забруднення території вибухонебезпечними предметами. Пожежі на перелогових землях охопили приблизно 27% загальної площі. Більшість таких випадків сталися у лютому-квітні під час окупації зони відчуження, спричинені бойовими діями, бомбардуваннями, обстрілами та навмисними підпалами. Значна частина загорань також відбувалася на території покинутих населених пунктів і у межах водно-болотних угідь, що є типовим під час масштабних пожеж [40].

На території Заповідника найбільша ймовірність виникнення пожеж припадає на квітень-травень. У цей період відбувається до 44,6% усіх загорань, що охоплюють близько 91,7% загальної площі пожеж. Найбільші середні площі займають протягом пожежонебезпечного сезону фіксуються в квітні та серпні, що призводить до формування двох піків пожежної активності – весняного та літнього. У 2022 році чіткий весняний пік зафіксували в березні, що пов’язано із значними пожежами на перелогових територіях, спричиненими бойовими діями. Крім того, традиційні піки пожежної активності були відзначені в травні та липні-серпні (рис. 3.4).



**Рис. 3.4. Річний розподіл кількості та площі пожеж протягом 2022 р.**

Пожежі охоплюють всю територію зони відчуження, але найбільш часто їх реєструють у місцях активності персоналу та відвідувачів (поблизу доріг і населених пунктів), а також у південних районах. У 2022 році ключовими факторами, що впливали на виникнення і поширення пожеж, стали бойові дії, наявність вибухонебезпечних предметів і замінування території (рис. 3.5). У Додатку Д подано інформацію про розподіл площ пожеж за ПНДВ і лісництвами.



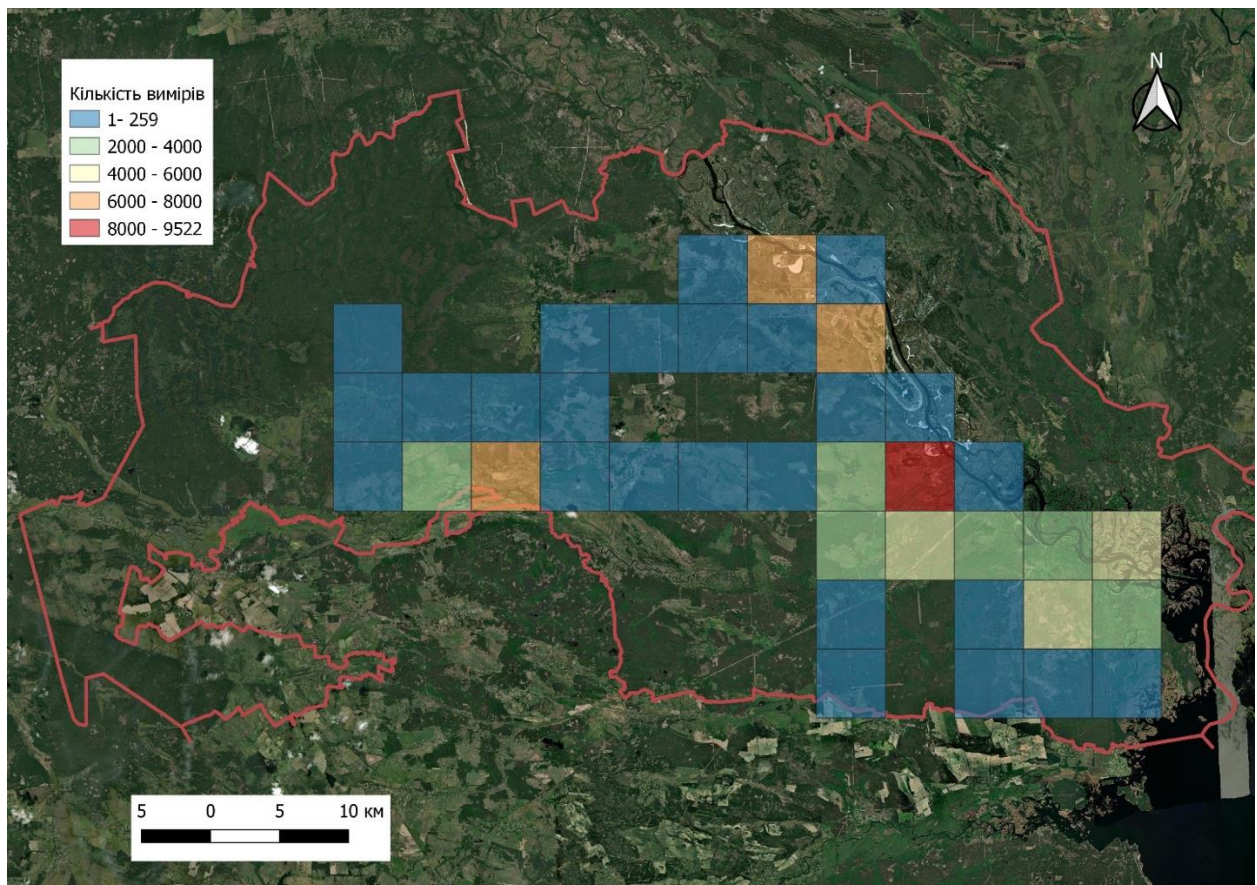
**Рис. 3.5. Розташування осередків пожеж на території ЧРЕБЗ у 2022 році**

Великі пожежі на території Заповідника становлять особливу загрозу, оскільки під час їхнього горіння значна кількість радіонуклідів може вивільнитися в атмосферу разом із димом [40]. Ці речовини здатні переноситися на значні відстані, завдаючи шкоди екосистемам на великих площах. Пожежі, що відбулися в 2022 році як у лісах, так і на перелогах, спричинили значні втрати для екосистем Заповідника.



### 3.3. Моніторинг потужності еквівалентної дози в лісових екосистемах

Оперативний контроль потужності еквівалентної дози здійснюється вибірково і відображає активність співробітників ЧРЕБЗ. Кількість вимірювань була зведена до територіального розподілу щільності. З цією метою територію зони відчуження поділили на сітку з комірками розміром 5×5 км, для яких визначили кількість вимірювань (рис. 3.3). Найвищий показник зафіксований у місті Чорнобиль, що пояснюється розташуванням там основних підрозділів ЧРЕБЗ. Тут відбувається старт і завершення всіх маршрутів, що робить це місце центральною логістичною точкою.

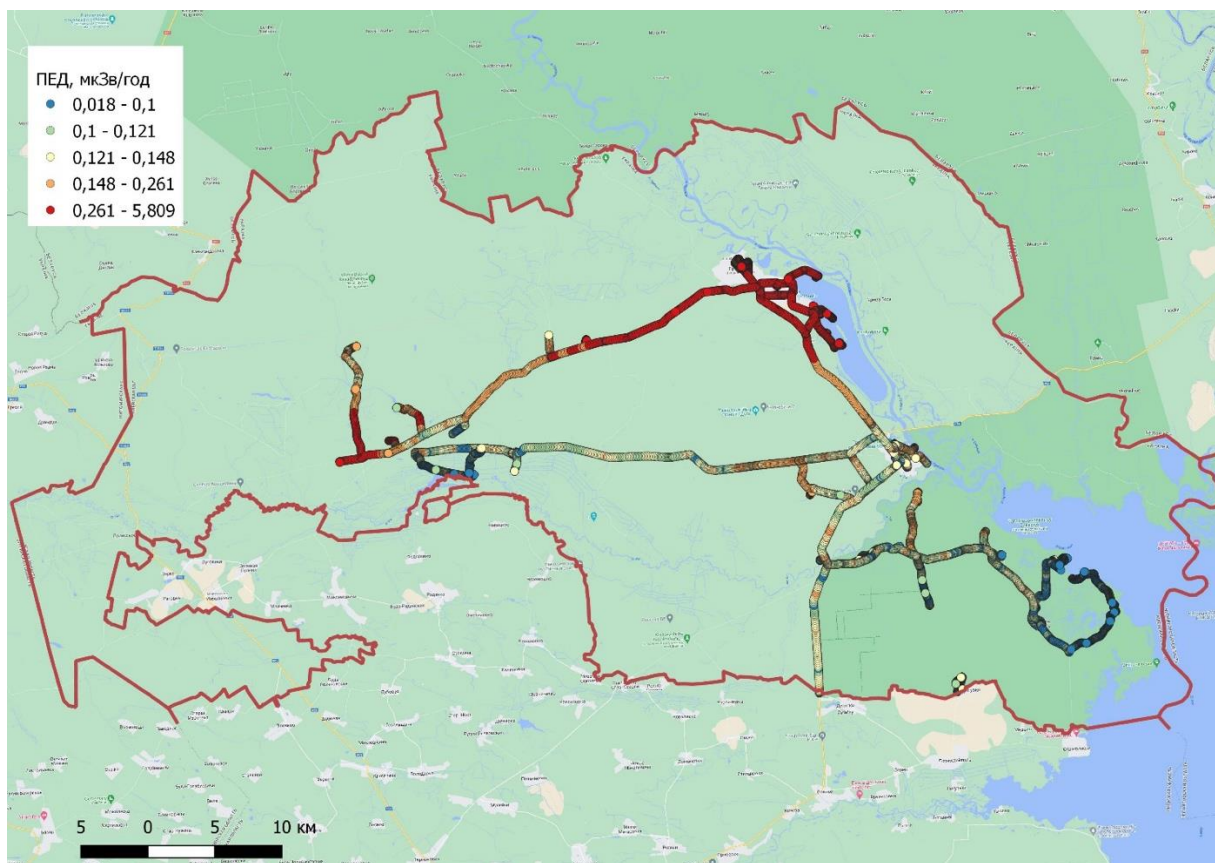


**Рис. 3.3. Розподіл у просторі кількості вимірів потужності еквівалентної дози**

У центрі зони відчуження виділяються дві ключові точки концентрації – місто Прип'ять та водойма-охолоджувач ЧАЕС. Вони пов'язані з науковими проектами, які реалізує науковий відділ. На водоймі-

охолоджувачі ЧАЕС регулярно проводяться радіобіологічні дослідження та моніторинг міграцій птахів. У місті Прип'ять виконувалися обліки птахів та збір матеріалів для дослідження комарів.

На заході зони, у районі меліоративної системи «Уж», здійснюються систематичні обстеження водно-болотних угідь. У південно-східній частині Заповідника розташовані об'єкти інфраструктури: два ПНДВ та ділянка служби охорони (рис. 3.4). Цей регіон має найвищий рівень доступності та безпеки після звільнення у квітні 2022 року.



**Рис. 3.4. Показники вимірів ПЕД за допомогою трекер-дозиметра bGeigie Nano**

Протягом періоду спостережень було зібрано 65 535 вимірювань. Значення потужності еквівалентної дози (ПЕД) варіюються у широкому діапазоні, що охоплює два порядки величин — від 0,03 до 5,81 мкЗв/год (табл. 3.2, рис. 3.5). Загалом ці дані відповідають структурі радіоактивних



випадінь та відображають неоднорідність забруднення території зони відчуження.

Таблиця 3.2.

**Результати вимірювання ПЕД**

Локація	N	Mean	Min	Max	Standard deviation	CV, %
<b>ПНДВ</b>						
Купуватське	4221	0,10	0,04	0,17	0,02	21
Опачичське	20660	0,12	0,03	0,57	0,04	35
Корогодське	1807	0,17	0,06	0,28	0,04	24
Луб'янське	4703	0,12	0,04	0,31	0,04	29
<b>Інші локації</b>						
Водойма-охолоджувач ЧАЕС	6594	0,91	0,10	4,62	0,63	70
м. Прип'ять	5769	0,46	0,07	1,43	0,23	50
м. Чорнобиль	7117	0,14	0,04	0,33	0,03	25
Загалом	65535	0,27	0,03	5,81	0,41	151

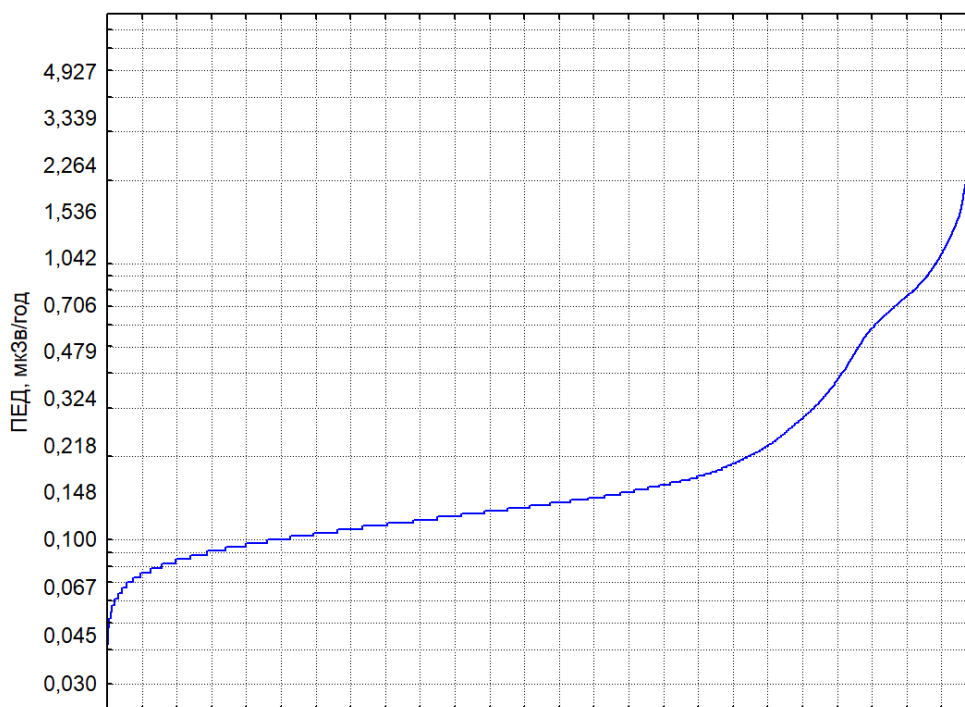


Рис. 3.5. Ранжирований розподіл показників потужності еквівалентної дози

На територіях ПНДВ Заповідника та в місті Чорнобиль спостерігаються відносно низькі та однорідні значення ПЕД. Натомість високі та значно варіативні показники ПЕД характерні для ближньої зони ЧАЕС, зокрема міста Прип'ять і водойми-охолоджувача ЧАЕС (рис. 3.6).

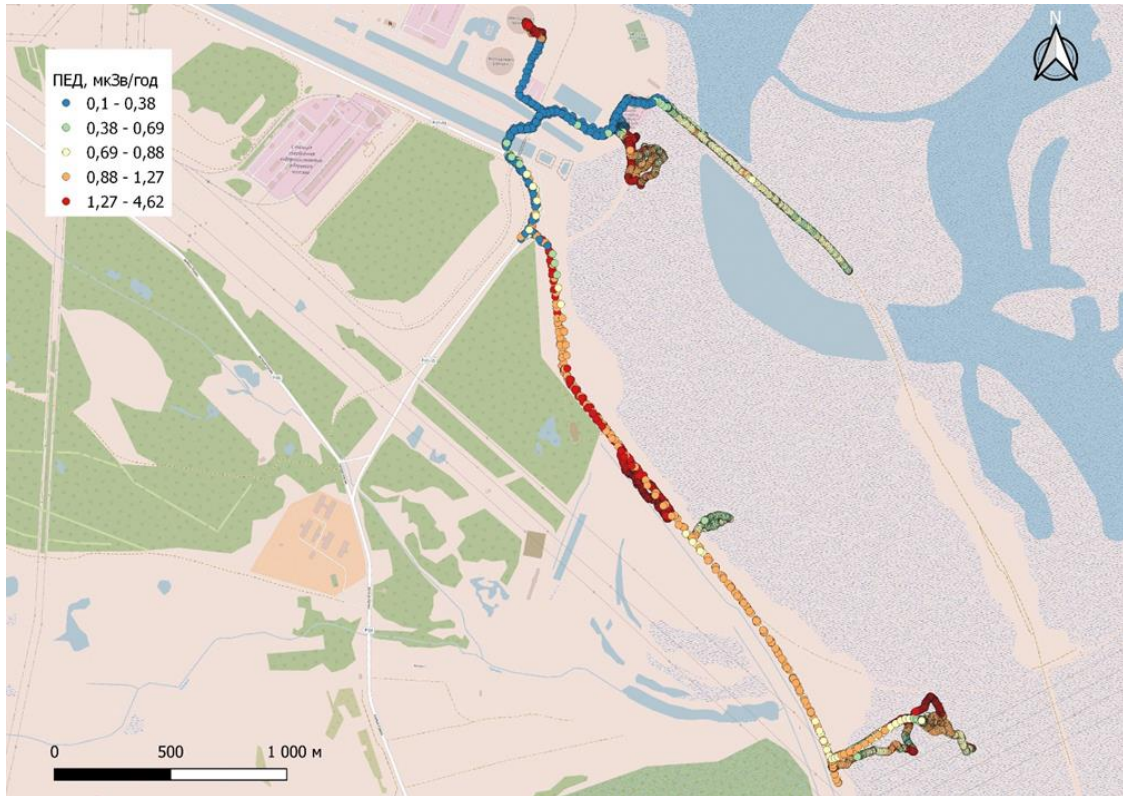


Рис. 3.6. Значення ПЕД, зафіксовані за допомогою трекер-дозиметра bGeigie Nano на території водойми-охолоджувача ЧАЕС

З точки зору радіаційної безпеки, результати вимірювання ПЕД не перевищують порогових значень, передбачених для оформлення наряду-допуску відповідно до ОСПУ-2005 та Правил радіаційної безпеки при виконанні робіт у зоні відчуження та зоні безумовного (обов'язкового) відселення.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз лісових насаджень території ЧРЕБЗ показав, що лісисистість у заповіднику висока і складає: Іванківський район – 58,5%, Поліський район – 66,4 %. Основними деревними породами є сосна (56,1 %), береза (28,9 %), вільха (7,6 %), дуб (4,6 %), осика (1,1 %) інші породи (1,5 %). Середній клас бонітету насаджень також досить високий і, в цілому по Заповіднику, становить 1,46. Переважають середньовікові насадження (74,8 %).

2. Проаналізувавши ситуацію з лісовими пожежами на території заповідника, ми виявили, що у 2022 році на території зони відчуження було зафіксовано 66 пожеж, які охопили площу 31 743,6 га. З них 61 пожежа сталася на території Заповідника. Ситуація з пожежною безпеку дуже сильно погіршилася у 2022 році в зв'язку із російською агресією та окупацією території. Оскільки, що під час окупації зони відчуження було пошкоджено та викрадено значну частину техніки ДСП «Північна Пуща», яка застосовувалася для лісогосподарських і протипожежних заходів, а також тим що через військові дії та забруднення території вибухонебезпечними предметами можливості безпечного виконання протипожежних робіт значно зменшилися. Пік пожеж у 2022 році зафіксували в березні, що пов'язано із значними пожежами на перелогових територіях, спричиненими бойовими діями.

3. Нами також було протестовано можливості оперативного моніторингу потужності еквівалентної дози за допомогою трекер-дозиметра bGeigie Nano. Виявлено, що оперативні вимірювання за допомогою гамма-трекера дозволяють отримувати дані про ПЕД поза межами стаціонарних постів моніторингової системи. Це може слугувати методом швидкого контролю радіаційної обстановки на конкретній ділянці для оцінки рівня зовнішнього опромінення та виявлення можливих аномалій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вишне夫斯基 Д. А., Зарубина Н. Е., Зарубин О. Л. Радиоекологический мониторинг лесов в ситуации крупной радиационной аварии. Киев, 2015. 114 с.
2. Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у деревині та продукції з деревини. Гігієнічний норматив ГН 6.6.1-120-2005. Видання офіційне. К., 2005. 12 с.
3. Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. Радіоекологічний моніторинг : навчальний посібник. Київ, 2019. 188 с.
4. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. Київ : КІМ, 2011. 355 с.
5. Зібцев С. В. Методика аналізу пірологічного стану лісів та охорони лісів від пожеж в ЗРЗ. Зб. наук. праць Уманського державного аграрного університету. 2004. № 64. Ч.1. С. 138–149.
6. Кашпаров В. О., Хомутінін Ю. В., Глуховський О. С. та ін. Оцінка небезпечності вторинного вітрового переносу радіоактивних аерозолів після часткового осушення водойми-охолоджувача ЧАЕС. Бюлетень екологічного стану зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення. Київ : Чорнобильінтерінформ, 2003. № 1 (21). С. 67–74.
7. Кіреєв С., Вишневський Д., Обрізан С., Халява В. Сучасні тенденції в інформаційному забезпеченні управління об'єктами з високим ризиком виникнення надзвичайних ситуацій. Бюлетень екологічного стану Зони відчуження. 2005. № 2. С. 41–47.
8. Коломійчук В.П., Вишневський Д.О., Мельничук Т.В. Вплив військових дій на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. Роль біосферних заповідників (резерватів) та інших природоохоронних територій для реалізації в Україні стратегії сталого розвитку: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Україна, м. Рахів, 21 листопада 2023 року). Рахів, 2023. С.174-181.

9. Краснов В. П. Радіоекологічні дослідження у лісових екосистемах України. Наукові праці Лісівничої академії України : зб. наук. праць. 2016. Вип. 14. С. 210–216.

10. Краснов В. П., Ландін В. П., Захарчук В. А. Становлення радіоекології лісових екосистем в Україні. Агроєкологічний журнал. 2017. № 2. С. 76–82.

11. Ландін В.П. Радіаційний контроль на підприємствах лісового господарства. Досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи (сільське та лісове господарство). К. : Вид-во "Світ", 2003. С. 197-204.

12. Літопис природи за 2019 рік. Чорнобильський радіаційноекологічний біосферний заповідник. URL: [http://zapovidnyk.org.ua/filespdf/litopys\\_2020\\_tom\\_4.pdf](http://zapovidnyk.org.ua/filespdf/litopys_2020_tom_4.pdf) (дата звернення 4.12.2024 р.)

13. Літопис природи за 2020 рік. Чорнобильський радіаційноекологічний біосферний заповідник. URL: [http://zapovidnyk.org.ua/filespdf/litopys\\_2019\\_tom\\_3.pdf](http://zapovidnyk.org.ua/filespdf/litopys_2019_tom_3.pdf) (дата звернення 4.12.2024 р.)

14. Літопис природи за 2021 рік. Чорнобильський радіаційноекологічний біосферний заповідник. URL: [https://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys\\_2021\\_tom\\_5.pdf](https://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys_2021_tom_5.pdf) (дата звернення 4.12.2024 р.)

15. Літопис природи за 2022 рік. Чорнобильський радіаційноекологічний біосферний заповідник. URL: [https://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys\\_2022\\_tom\\_6.pdf](https://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys_2022_tom_6.pdf) (дата звернення 4.12.2024 р.)

16. Мовенко, В. І. Моніторинг радіаційного забруднення території Чорнобильської зони. *Технічні науки та технології*, 2020. (2(20), 297–307.

17. Орлов О.О., Краснов В.П., Ландін В.П. Вирішення радіоекологічних проблем у лісовому господарстві. 25 років

Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. Національна доповідь України. К. : Вид-во "КІМ", 2011. С. 91-97.

18. Парпан Т.В., Кічура Н.В. Стабілізуюче і протипаводкове значення лісового покриву водозборів річок Уж і Латориця. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. 25. 195-202. 10.15421/40250833

19. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення / В.П. Краснов, О.О. Орлов, В.П. Ландін та ін. К., 2008. 82 с.

20. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. Агроекологічний журнал. 2021. № 3. С. 6-16. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240316>

21. Федонюк Т.П., Галущенко О.М., Мельничук Т.В., Жуков О.В., Вишневський Д.О., Зимароєва А.А., Гуреля В.В. Перспективи та основні аспекти застосування ГІС-технологій для моніторингу біологічного різноманіття (на прикладі Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника). Космічна наука і технології. 2020. №26(6). С. 75 - 93. <https://doi.org/10.15407/knit2020.06.075>

22. Положення про Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: <http://zapovidnyk.org.ua/index.php?fn=2t&n=160250636283> (дата звернення 4.12.2024)

23. Beresford NA, Scott EM, Copplestone D (2020) Field effects studies in the Chernobyl Exclusion Zone: Lessons to be learnt. *Journal of Environmental Radioactivity* 211: 105893. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.01.005>

24. Borrelli, P., Robinson, D.A., Fleischer, L.R. *et al.* An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nat Commun* **8**, 2013 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>

25. Fischer A. P., Shah M. A. R., Segnon A. C., Matavel C., Antwi-Agyei P., Shang Y., Muir M., Kaufmann R. 2024. Human adaptation to climate change in the context of forests: A systematic review. *Climate Risk Management*, 43, 100573, <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100573>.

26. Führer, E. (2000). Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology and Management*. 132. 29-38. 10.1016/S0378-1127(00)00377-7.

27. Hashimoto, S., Komatsu, M., Miura, S. (2022). Forest Ecosystems and Radioactive Contamination. In: *Forest Radioecology in Fukushima*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-9404-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-16-9404-2_4)

28. Hof, A. R., C. C. Dymond, and D. J. Mladenoff. 2017. Climate change mitigation through adaptation: the effectiveness of forest diversification by novel tree planting regimes. *Ecosphere* 8(11):e01981. [10.1002/ecs2.1981](https://doi.org/10.1002/ecs2.1981)

29. Holiaka D., Fesenko S., Kashparov V., Protsak V., Levchuk S., Holiaka M. 2020. Effects of radiation on radial growth of Scots pine in areas highly affected by the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 222,m106320, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106320>.

30. Ito E, Miura S, Aoyama M, Shichi K (2020) Global <sup>137</sup>Cs fallout inventories of forest soil across Japan and their consequences half a century later. *Journal of Environmental Radioactivity* 225: 106421. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106421>

31. Kriström, Bengt & Boman, Mattias. (2001). Valuing the Multiple Functions of Forests. 3. 10.1007/978-94-010-0664-4\_11.

32. Langmaier, M., Hochbichler, E., Payrhuber, A. (2023). Importance of tree species composition and forest structure on recreational use – a case study for mountain forests in Upper Styria. *Austrian Journal of Forest Science*. 2023. 249-278. 10.53203/fs.2304.2.

33. Mahara, Y., Ohta, T., Ogawa, H. *et al.* Atmospheric Direct Uptake and Long-term Fate of Radiocesium in Trees after the Fukushima Nuclear Accident. *Sci Rep* **4**, 7121 (2014). <https://doi.org/10.1038/srep07121>

34. Meutter P. D., Gueibe C., Tomas J., Outer P., Apituley A., Bruggeman M., Camps J., Delcloo A., Knetsch G.-J., Roobol L., Verheyen L. (2021). The assessment of the April 2020 chernobyl wildfires and their impact on Cs-137 levels in Belgium and The Netherlands. *Journal of Environmental Radioactivity*, **237**, 106688, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106688>.

35. Mukherjee, S. (2022). Soil Erosion. In: *Current Topics in Soil Science*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92669-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92669-4_11)

36. Netsvetov M., Prokopuk Y., Holiaka D., Klisz M., Porté A. J., Puchałka R., Romensky M. (2023). Is there Chornobyl nuclear accident signature in Scots pine radial growth and its climate sensitivity? *Science of The Total Environment*, **878**, 163132, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163132>.

37. Nunes, L. J. R., Meireles, C. I. R., Pinto Gomes, C. J., & Almeida Ribeiro, N. M. C. (2020). Forest Contribution to Climate Change Mitigation: Management Oriented to Carbon Capture and Storage. *Climate*, **8**(2), 21. <https://doi.org/10.3390/cli8020021>

38. Prister, B., Lev, T., Nosovskyi, A., Talerko, M. (2022). Comprehensive radioecological monitoring for objects of radioactively contaminated areas. Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the NAS of Ukraine. Kyiv: Akadempriodyka, 2022. 286 p.

39. Verma, M., Singh, R., Negandhi, D. (2017). Forest Ecosystem: Functions, Value and Management. In: Sandhu, H. (eds) *Ecosystem Functions and Management*. Springer, Cham.

40. Zymarioieva, A., Kolomiychuk, V., Fedoniuk, T., Goncharenko, I., Borsuk, O., Melnychuk, T., Svenning, J-Ch. Post-fire recovery of vegetation in the Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve. *International Journal of Environmental Studies*. **80** (1), 2023. DOI: 10.1080/00207233.2023.228734