

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра загальної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Тимченко Анна Юріївна
(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача вищої освіти)

УДК: 631:504
(індекс)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Визначення стійкості лісових екосистем методами біоіндикації
на прикладі лісів Житомирської області**

101 – екологія
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістра

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

А. Ю. Тимченко
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Світельський Микола Михайлович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2020

ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра загальної екології
Спеціальність 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри загальної
екології доктор біологічних
наук, доцент Котюк Л.А.

«___» грудня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Тимченко Анни Юріївни

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача вищої освіти в родовому відмінку)

101 – екологія

1. Тема кваліфікаційної роботи Визначення стійкості лісових екосистем методами біоіндикації на прикладі лісів Житомирської області затверджена наказом № 1395 ст. від «09» листопада 2020 р.

2. Термін подання роботи «01» грудня 2020 р.

3. Предмет дослідження: процес забруднення важкими металами лісових ґрунтів в зоні впливу промислових підприємств і автомагістралей.

4. Об'єкт дослідження: динаміка біоіндикаційних і лісотехнічних показників видів-ефікаторів лісових екосистем в залежності від рівня впливу на екосистему промислових викидів, автотранспортних забруднень, рекреаційного навантаження, рівні забруднення важкими металами лісових ґрунтів.

5. Методи дослідження _____

6. Інформаційна база дослідження _____

7. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно було розробити) _____

8.Перелік графічного матеріалу _____

9.Дата видачі завдання «06» вересня 2019 р.

Керівник роботи _____ Світельський Микола Михайлович
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

Завдання прийняла

до виконання _____ Тимченко Анна Юріївна
(підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН РОБОТИ

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання	Примітки
1.	Виконання аналітичного огляду фахової літератури та обґрунтування обраного напрямку досліджень	Вересень 2019– грудень 2019 р.	Виконано
2.	Розроблення програми досліджень, календарного плану їх виконання та освоєння методики проведення досліджень	Січень – березень 2020 р	Виконано
3.	Виконання практичної частини роботи	Протягом 2019 – 2020 рр.	Виконано
4.	Аналіз, узагальнення та інтерпретація одержаних експериментальних даних	Жовтень - листопад 2020 р.	Виконано
5.	Написання дипломної роботи та підготовка до її захисту	Грудень 2020 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти _____ Тимченко Анна Юріївна
(підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник роботи _____ Світельський Микола Михайлович
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ім'я, по-батькові)

«__» грудня 2020 р.

АНОТАЦІЯ

Тимченко А. Ю. Визначення стійкості лісових екосистем методами біоіндикації на прикладі лісів Житомирської області. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 101 – екологія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Зміст анотації: кваліфікаційна робота розкриває такі питання визначення стійкості лісових екосистем Житомирської області, що зазнали антропогенного впливу, методами біоіндикації, розробки методичних підходів для використання біоіндикації при оцінці стійкості різних видів дерев лісових угруповань.

Ключові слова: лісова екосистема, види дерев, біоіндикація, забруднення, рекреаційне навантаження, стійкість лісових екосистем.

ANOTATION

Tymchenko A. Yu. Determination of stability of forest ecosystems by bioindication methods on the example of forests of Zhytomyr region. - Manuscript qualification work.

Qualification work for the master's degree in specialty 101 - ecology. - Polissia National University, Zhytomyr, 2020.

Summary of the abstract: qualification work reveals the following issues of determining the resilience of forest ecosystems of Zhytomyr region, which have been affected by anthropogenic impact, methods of bioindication, development of methodological approaches for the use of bioindication in assessing the resilience of different species of forest groups.

Key words: forest ecosystem, tree species, bioindication, pollution, recreational load, sustainability of forest ecosystems.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ	11
1.1. Місце і роль оцінки стійкості лісів в практиці охорони природи і лісовідновлення	11
1.2. Аналіз існуючих методів визначення ступеня стійкості лісів і деревних насаджень	12
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	16
2.1. Об'єкт та місце проведення досліджень	16
2.2. Методи досліджень	18
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ БІОІНДИКАЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ	22
3.1. Стан лісових екосистем поза зоною впливу промислових підприємств і автотранспорту.	22
3.2. Стан лісових екосистем в зоні впливу промислових підприємств	26
3.3. Стан лісових екосистем на територіях, що прилягають до автодоріг	31
3.4. Стан лісових екосистем в приміських рекреаційних зонах	37
ВИСНОВКИ	40
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42

ВСТУП

На сьогодні антропогенний тиск на лісові екосистеми постійно збільшується. В результаті відбуваються зміни фізичних і хімічних характеристик середовища, що призводить до порушення динамічної рівноваги лісових екосистем. Погіршення стану лісових комплексів потребує постійного ефективного контролю на їх стійкість під впливом антропогенних факторів.

Одним з сучасних і найбільш перспективних методів оцінки стану екосистем є біоіндикаційний аналіз, який дає інтегральну оцінку ситуації, оскільки живі організми реагують на всі впливи навколишнього середовища. Методики, що використовуються зараз для визначення стійкості лісових екосистем, потребують в доопрацюванні на основі впровадження біоіндикаційних методів.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря в області є стаціонарні джерела: промислові, паливно-енергетичні, дорожньо-транспортні, сільськогосподарські і інші підприємства, а також пересувні джерела: автомобільний, залізничний і повітряний транспорт [9, 13].

За даними Державної екологічної інспекції Поліського округу в Житомирській області, в 2018 році в атмосферу стаціонарними джерелами було викинуто 13,41 тис. тонн газоподібних і 1,35 тис. тонн твердих речовин. Сумарні викиди пересувних джерел складають більше 96,9 тис. тонн за рік, в тому числі: автомобільний транспорт – 96,1 тис. тонн. Поруч з впливом на лісові екосистеми промислового і автотранспортного забруднення, суттєво збільшується рекреаційне навантаження, обумовлене розвитком індустрії відпочинку і розваг в природній обстановці. Вплив даних факторів на лісові екосистеми Житомирської області вивчено недостатньо.

Об'єкт досліджень - динаміка біоіндикаційних і лісотехнічних показників видів-ефікаторов лісових екосистем в залежності від рівня впливу на екосистему промислових викидів, автотранспортних забруднень, рекреаційного навантаження, рівні забруднення важкими металами лісових ґрунтів.

Предмет досліджень - процес забруднення важкими металами лісових

грунтів в зоні впливу промислових підприємств і автомагістралей.

Актуальність дослідження. Стійкість екосистеми розглядається як співвідношення між величиною негативного впливу і ступінню отриманого пошкодження. Вона в цілому залежить від стійкості організмів, тобто їх здатністю зберігати відносну стійкість внутрішнього середовища – гомеостаз – в певному діапазоні зовнішніх впливів. Найбільш чуттєво реагують на зміни оточуючого середовища види-біоіндикатори, по наявності, стану чи поведінці яких судять про зміни в навколишньому середовищі або його характерних особливостях. Вивчення їх кількісного і якісного стану дозволяє оцінити стан екосистеми в цілому. Для лісових екосистем вирішуюче значення має стан видів-ефікаторів, якими являються деревні рослини.

Мета і завдання роботи. Основна мета дослідження полягає в визначенні стійкості лісових екосистем Житомирської області, які зазнають різних антропогенних впливів, методами біоіндикації, розробці методичних підходів для використання біоіндикації при оцінці стійкості різних видів дерев лісових екосистем.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. Визначити рівні забруднення важкими металами лісових ґрунтів в зоні впливу промислових підприємств і автомагістралі.
2. Визначити рівні накопичення цих металів в листі рослин-ефікаторів лісових екосистем, плодах дикорослих плодових дерев.
3. Вивчити динаміку біоіндикаційних і лісотехнічних показників видів-ефікаторів лісових екосистем в залежності від рівня впливу на екосистему промислових викидів, автотранспортних забруднень, рекреаційного навантаження.
4. Провести порівняльну оцінку методів визначення стійкості лісових екосистем, що використовується в лісовому господарстві і методів біоіндикаційної оцінки стабільності розвитку рослин.

Наукова новизна.

1. Вперше проведена порівняльна оцінка стійкості лісових екосистем

Житомирської області, розташованих в промисловій зоні, вздовж автомагістралей і в рекреаційній зоні з урахуванням біоіндикаційних і лісотехнічних показників.

2. Розроблено варіант бальної шкали коефіцієнта асиметрії для дуба черешчатого.

3. Виявлено закономірності впливу техногенного забруднення на рослини деревного ярусу лісових екосистем.

Практичне значення. Отримані дані можуть використовуватися для оцінки стану лісів лісостепової зони, при встановленні нормативів викидів забруднюючих речовин для лісових територій. Передбачається задіяти їх в рамках екологічного моніторингу на урбанізованих і охоронюваних територіях.

Програма досліджень включала наступні питання: забруднення важкими металами лісових ґрунтів в зоні впливу промислових підприємств і автомагістралей, рівні накопичення цих металів в листі рослин-ефікаторів лісової спільноти, плодах дикорослих плодових дерев, динаміку біоіндикаційних і лісотехнічних показників видів-ефікаторів лісових екосистем в залежності від рівня впливу на екосистему промислових викидів.

Апробація результатів досліджень.

1. Світельський М. М., Соломатіна В. Д., Тимченко А. Ю., Никончук Є. В., Алексійчук О. М. Біоіндикація стану лісових екосистем Словечансько-Овруцького кряжу // III Всеукр. наук.-практ. конф. «Водні та наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття-2020»: Зб. наук праць. – Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2020. – С. 152-154.

2. Никончук Є.В., Тимченко А.Ю., Алексійчук О.М., Світельський М.М. // Еколого-біологічні особливості накопичення ефірної олії в кореневищах *Valeriana officinalis* L. при застосуванні мінеральних добрив: Біологічні дослідження – 2020: зб. Наук. пр. (XI Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю) – Житомир: Рута, 2020. – С. 418-421.

3. Світельський М. М., Никончук Є. В., Тимченко А. Ю., Алексійчук О. М. Лісові біогеоценози та механізми підтримання їх біологічного різноманіття // Наукові читання: Збірник наукових праць. – Житомир: ЖНАЕУ, 2020. – С.:59-62 с.

6. Тимченко А. Ю. Роль діяльності тварин в підтриманні видового

різноманіття лісових біогеоценозів // Екологія. Наука. Практика -2020: матеріали Всеукраїнської наук.-прак. Конф. – Житомир: ЖНАЕУ, 2020 – С. 141-144.

РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

1.1. Місце і роль оцінки стійкості лісів в практиці охорони природи і лісовідновлення.

Лісові екосистеми, що представляють собою багаторівневі і багатокомпонентні системи, головна роль в яких належить деревним рослинам, в даний час знаходяться в критичному стані. Проблема різкого скорочення територій, займаних лісом, актуальна для Земної кулі в цілому і для нашої країни зокрема. За останні 10 тисяч років на Землі знищено 2/3 всіх лісів. Вивільненні території людство відводить під сільськогосподарські угіддя, промислові комплекси, швидко зростаючі міста. Однак різке скорочення ступеня лісистості нашої планети тягне за собою цілий ряд глобальних і регіональних екологічних, соціальних і господарських проблем: змінюється рівень кисневого та вуглецевого балансу планети, погіршується мікроклімат, гідрологічний і температурний режим територій, спостерігається деградація річок, знищуються місця проживання ряду біологічних видів, скорочуються рекреаційні ресурси територій. На сучасному етапі необхідність збереження і примноження лісового фонду є очевидною [1,8].

Велике значення для оптимізації лісовідновлювального процесу, формування структури лісових екосистем з метою їх ефективного функціонування має вивчення впливу природних і антропогенних факторів на їх продуктивність і стійкість. В силу способу життя рослини особливо залежні від стану двох середовищ - наземно-повітряного і ґрунтового, в яких відбувається їх ріст і розвиток. Тому забруднення атмосфери і ґрунту роблять безпосередній вплив на життєдіяльність рослинного організму [8].

До антропогенних джерел забруднення атмосфери відносяться:

1. Промислові викиди. Близько 20% викидів в промислово розвинених країнах припадає на промислову діяльність (електроенергетика, виробництво нафти, паперу, хімічна промисловість, чорна та кольорова металургія), близько 10% - на переробку та знищення відходів та ін.

Основну масу промислових викидів становлять сірчистий газ, оксиди вуглецю і аерозольний пил. Крім того, в них містяться вуглеводні, аміак, сірководень, фенол, хлор, сірковуглець, фтористі з'єднання. Щорічно в масштабах планети в результаті спалювання вугілля в атмосферу викидається до 200 млн. т. оксидів сірки, 65 млн. т. оксидів азоту, 80 млн. т. різних вуглеводнів, 250 млн. т. аерозолів та 400 млн. т. оксидів вуглецю. Крім цього, в димових викидах містяться ртуть, свинець, кадмій, миш'як і ін. В результаті попадання в атмосферу оксидів сірки та азоту може відбуватися закислення опадів та випадання кислотних дощів [6, 13].

2. Транспорт. У промислово розвинених країнах забруднення повітря більш ніж на 50% спричинене транспортом; в великих містах ця цифра зростає до 60-80%. До складу основних компонентів вихлопних газів двигунів внутрішнього згоряння входять (в об'ємних %): оксиди вуглецю 0,5 - 12,0; водень 0,1 - 0,5; кисень 0,3 - 8,0; азот 74 - 77; оксиди азоту 0,001 - 0,8; водяні пари 3,0 - 5,5; вуглеводні 0,2 - 3,0; сажа - до 40 мг/м³; альдегіди - до 0,0002 мг/м³; бензопірен 10 - 20 мг/м³; Кількість свинцю в повітрі може досягати 4 - 12 мг/м³ [21, 39].

За даними статистики, середньорічний пробіг автомобіля – 14,9 тис. км. В середньому за цей час він збіднює атмосферу на 4480 кг кисню і «збагачує» її на 3487 кг вуглекислого газу, 505 кг чадного газу, 67 кг вуглеводнів і 8 кг оксидів азоту [39].

1.2. Аналіз існуючих методів визначення ступеня стійкості лісів і деревних насаджень.

Ефективне лісовідновлення та лісорозведення на території України, раціональне використання лісових ресурсів, збереження високопродуктивних і екологічно цінних лісів покликане забезпечити лісове господарство України. Стан деревної рослинності в лісовому господарстві оцінюється по ряду параметрів. Особливо велика увага приділяється діагностиці захворювань лісових порід. Серед методів такої діагностики виділяють [25]:

- метод зовнішнього огляду рослин, тобто визначення хвороб за

зовнішніми ознаками, які можна побачити неозброєним оком за допомогою лупи або бінокля. У тих випадках, коли хвороби носять прихований характер, наприклад, судинні (іноді гнилеві хвороби стовбурів), роблять зріз стовбура або гілки, витягають приростним буравом зі стовбура циліндрики деревини - керни - і по ним встановлюють характерні ознаки хвороби. До макроскопічних ознак захворювань відносяться анатомоморфологічні зміни хворих рослин (пухлини, порушення форми і розмірів уражених органів, надмірне розгалуження і інші прояви деформації рослин, утворення виразок, східчастих ран, ненормальне забарвлення, некроз або розпад тканин, потемніння судин і т.п.); наявність у хворих рослин нальоту грибниці, міцеліальних плівок і шнурів, плодових тіл, пікнід, стром, слизових спороносів грибів, бактеріальних мас, паразитичних квіткових рослин і інших патогенів; патологічні відхилення в стані окремих рослин або всього насадження (в'янення сіянців, зменшення приросту, відмирання вершини гілок, одиничне або суцільне всихання насаджень та ін.);

- анатомічний метод діагностики хвороб застосовують, якщо на поверхні хворих рослин відсутні будь-які форми грибів і інших патогенів. В цьому випадку виокремлюють невеликий шматочок ураженого органу, наприклад, листка або роблять тонкий зріз, наприклад, деревини, хвої, пухлинної тканини, виготовляють препарат і досліджують його під мікроскопом.

- фізичні методи засновані на тому, що деякі фізичні властивості здорових і хворих рослин або тканин (звукові властивості, світіння, електропровідність і ін.) можуть помітно відрізнятися. Так звана «звукова проба», тобто вистукування стовбурів, при якій уражена деревина видає більш глухий звук, ніж здорова - найпростіший спосіб виявлення прихованої стовбурової гнилі. Люмінесцентний аналіз, заснований на явищі фотолюмінесценції, тобто світіння тіл під дією променевої енергії. Для діагностики хвороб лісових порід використовуються неоднакові по довжині хвилі і інтенсивності світіння в ультрафіолетовому діапазоні тканин здорових і уражених різними хворобами. Так, по-різному світиться деревина з патологічними забарвленнями грибного і негрибного походження, а також з гниллю, викликаною різними грибами. Змінюється

характер світіння деревини і на різних стадіях розвитку гнилі.

Застосовуються для діагностики також біофізичні дослідження, наприклад, визначення біоелектричного потенціалу при виявленні зараженості дерев, рентгеноскопія, використання радіоактивних ізотопів, а також перспективний, але мало поширений серологічний метод, заснований на використанні імунних сироваток;

– хімічні методи включають в себе колориметричний (метод індикаторів) і метод хімічних реактивів і барвників. Перший заснований на використанні хімічних сполук, під дією яких водні витяжки з рослинних тканин (наприклад, листя або хвої), уражених грибами або абіотичних факторів і в зв'язку з цим характеризуються неоднаковою величиною рН, набувають різне забарвлення. Метод хімічних реактивів і барвників полягає в тому, що зрізи деревини при обробці певними речовинами фарбуються по-різному в залежності від характеру ураження деревини (грибного або негрибного, наприклад). Цей спосіб застосовується для діагностики вірусних хвороб деревних порід і мінерального голодування рослин [25, 30].

Діагностика захворювань лісоутворюючих порід розроблена досить повно і дозволяє точно визначити джерело захворювання. Однак перераховані методи ефективні тільки в тому випадку, коли є збудник захворювання, тоді як погіршення загального стану деревного ярусу може бути викликано цілим комплексом зовнішніх впливів, серед яких не останню роль відіграють фактори антропогенного походження.

В рамках Лісопатологічного моніторингу проводяться систематичні спостереження за зміною санітарного стану лісів під впливом факторів різної природи. Метою цих заходів є раннє виявлення змін, що відбуваються, їх оцінка та прогноз розвитку. При проведенні лісопатологічного моніторингу враховуються такі показники санітарного стану лісу: поточне всихання, наявність вогнищ хвоє-, листогризухих і інших шкідників лісу, хвороби лісу) [30].

До традиційних показників стійкості лісів відносяться також: щільність

розміщення дерев в просторі, співвідношення приросту і відпаду, ступінь розвитку крон, стан підліску та ґрунтового покриву.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт та місце проведення досліджень.

Об'єктами дослідження були обрані типові лісові екосистеми області: дрібнолисті, широколисті, хвойно-широколисті ліси. У даній роботі досліджувався стан наступних видів деревних рослин-едифікаторів лісових угруповань: береза бородавчаста (*Betula pendula* Roth.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.). Ці види досить давно і успішно використовуються як види-біоіндикатори якості середовища [9, 26].

Вони мають чіткі і зручні для дослідження ознаки, чутливі до забруднювачів. Приуроченість досліджуваних видів до певного місця розташування полегшує інтерпретацію даних: стан організму рослин відображає стан локального місцеперебування [9, 18].

Для визначення ступеня впливу різних видів антропогенного навантаження на лісові екосистеми нами проводився збір матеріалу в наступних місцях:

- в околицях промислових підприємств Житомирської області з різним обсягом викидів забруднюючих речовин: Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат смт. Іршанськ Хорошівського району;

- на територіях, що прилягають до великих автодоріг Житомирської області з різною інтенсивністю транспортного потоку: автотраса Київ-Чоп в районі с. Березина Житомирського району;

- на територіях, які служать місцем повсякденного відпочинку, де відсутні промислові підприємства, відстань від найближчої автодороги з твердим покриттям становить понад 100 м: околиці Житомира, лісопаркова зона Богунського лісництва;

- в функціональних зонах Словечансько-Овруцького кряжу, 15 км від с. Червонки в районі річки Червонки;

- в якості контрольних ділянок використовувалися лісові спільноти, що знаходяться на територіях, значно віддалених від джерел забруднення і не відчувають інтенсивного рекреаційного навантаження: ліс в 9 км від с. Селезівка,

Поліський державний заповідник.

Характеристика видів - біоіндикаторів:

Береза бородавчаста (*Betula pendula* Roth,) - дерево, що досягає висоти 30 м. І діаметра 60 - 80 см., з ажурною кроною. Звисаючі вниз гілки можуть досягати 2 м. Має подовжені і укорочені пагони. Кора біла або сірувато-біла, в нижній частині стовбура у старих дерев утворює шар грубої чорної кірки. Листя голі, трикутно-ромбовидні, в основі клиновидні, з відтягнутою верхівкою, пільчатим краєм, довжиною до 7 см. Характерна видова особливість маленькі залізисті горбки («бородавочки») на молодих пагонах. Однодомна рослина з висячими чоловічими сережками бурого кольору і тонкими зеленими жіночими сережками, цвіте в травні. Плоди - дрібні крилаті горішки. У лісовій і лісостеповій зонах вводиться в суцільні посадки сосни та ялини кулісним способом, кілька рядів хвойних чергуються з рядами берези.

Дуб звичайний (*Quercus robur* L.) дерево, висотою до 40 м., Діаметром стовбура до 1 - 1,5 м. і більше, з компактною кроною. Листя на коротких черешках, перистолопатне, зібрані в пучок на кінцях укорочених пагонів, довжиною 7 - 15 см. Однодомна рослина, з жовтоватозеленими висячими чоловічими сережками і сидячими по 2-3 разом жіночими квітками. Плоди - жолуді світло-коричневого кольору, на довгих черешках по 1-3. Цвіте в травні. Цей вид - головний едифікатор широколистяних лісів Східно-Європейської рівнини. Найбільш постійні супутники дуба в змішаних насадженнях - клен гостролистий та липа.

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) - дерево висотою до 40 - 45 м, діаметром до 1 м., з високо піднятою кроною в зімкнутих деревостанах і з червонувато-оранжевою у верхній частині стовбура корою. Хвоїнки розташовуються по дві на укорочених пагонах, колючі, до 8 см в довжину. Розмножується насінням, що дозрівають в шишках. Запилення відбувається на початку літа: біля основи пагонів, що відростають розвиваються жовті чоловічі шишечки, пилок переноситься вітром на жіночі шишечки, розташовані на кінцях молодих пагонів. Зрілі шишки - сірувато-коричневі, яйцевидні або конічні; дозрівають на другий рік, розкриваються на третій. Сосна - одна з основних лісоутворюючих порід в Європейській частині і в

Сибіру [25].

2.2. Методи досліджень. Збір листя листяних дерев проводився після зупинки росту листя (липень - жовтень). Кожна вибірка включає в себе 100 листків (по 10 листків з 10 дерев). Вибирали рослини з чітко вираженими видовими ознаками, які досягли генеративного вікового стану. Листя взяті з дерев, що знаходяться в однакових екологічних умовах (рівень зволоження, освітленості, ступінь віддаленості від джерела забруднення). Відбирали листя середнього для даного виду розміру з нижньої частини крони з різних сторін дерева (у берези бородавчастої тільки з укорочених пагонів) [9, 19].

Збір хвоїнок сосни проводився після зупинки росту хвої (серпень - жовтень). Кожна вибірка включає в себе 100 хвоїнок (по 10 штук з 10 дерев). Вибирали рослини з чітко вираженими видовими ознаками, які досягли генеративного вікового стану. Проби взяті з дерев, що знаходяться в однакових екологічних умовах (рівень освітленості, зволоження, ступінь віддаленості від джерела забруднення). Відбір проводили з нижньої частини крони з різних сторін дерева.

Для визначення автотранспортного навантаження в обстежуваному районі було підраховано кількість одиниць автотранспорту, що проходять через обраний створ в одиницю часу, з урахуванням легкового, вантажного і громадського транспорту. Підрахунки проводилися на автодорозі в робочі дні тижня в різний час доби з подальшим обчисленням середніх значень [39].

Таким способом була визначена сумарна інтенсивність транспортного потоку на досліджуваних автотрасах, оцінка її проводилася згідно ГОСТ - 17.22.03 - 77.

Забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів оцінювалося за концентрацією окису вуглецю (в мг / м³), що обчислюється за формулою:

$KCB = (0,5 + 0,01N \cdot Km) \cdot Ka \cdot Kу \cdot Kс \cdot Kв \cdot Kп$, де 0,5 - фонове забруднення атмосферного повітря, мг / м³

N - сумарна інтенсивність руху на автодорозі, авт./Год, Kт - коефіцієнт токсичності викидів автомобілів за змістом в них СО (обчислюється за формулою $Kт = \sum Pi \cdot Kti$, де Kт визначається з урахуванням типу автомобіля);

Ка - коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

Ку - коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря окисом вуглецю в залежності від величини поздовжнього ухилу;

Кс - коефіцієнт, що враховує зміну концентрації окису вуглецю в залежності від швидкості вітру;

Кв - коефіцієнт, що враховує зміну концентрації окису вуглецю в залежності від відносної вологості повітря;

Кп - коефіцієнт збільшення заразнення повітря СО на перехрестях. Проводилося порівняння подученний значень з ГДК (5 мг / м³). Проби верхнього шару ґрунту були відібрані за стандартною методикою. Вони використовувалися для визначення рівня забрудненості лісових ґрунтів важкими металами, що впливають на стан корнеактивного шару [11].

Методи лабораторної обробки

Зняття розмірів з листових пластинок берези бородавчастої (*Betula pendula* Roth.) проводилося таким чином: з кожного листа знімалися показники за п'ятьма ознаками (Рис. 1) [22, 26].

Виміри частин листової пластинки проводилися з правого і з лівого боку:

1 - Ширина лівої і правої половинок листка. Для вимірювання складаємо листок навпіл, поєднуючи верхівку з підставкою листової пластинки. Потім розгинаємо лист і по утвореній складці робимо вимір.

2 - Довжина жилки другого порядку другий від основи листка.

3 - Відстань між основами першої та другої жилок іншого порядку

4 - Відстань між кінцями першої і другої жилок другого порядку.

5 - Кут між центральною жилкою і другою від основи листка жилкою другого порядку.



Рис. 1. Схема морфологічних ознак, використаних для оцінки стабільності

розвитку берези бородавчастої (*Betula pendula* Roth.).

Для оцінки стабільності розвитку дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) були визначені розміри листових пластинок. Для цього використовувалися ознаки за чотири промірами (Рис. 2) [5]:

- 1 — Довжина другої жилки другого порядку.
- 2 — Відстань між вершинами другої та третьої жилки другого порядку.
- 3 — Відстань між основами другої та третьої жилки другого порядку.
- 4 — Кут між центральною жилкою і другою жилкою другого порядку.

Виміри проводились з правого і лівого боку сторони листової пластинки.

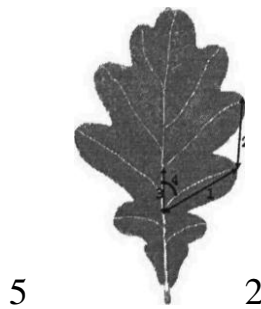


Рис. 2. Схема морфологічних ознак, що використовувалися для оцінки стабільності розвитку дуба звичайного (*Quercus robur* L.).

Для оцінки стабільності розвитку сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) проводилися заміри хвоїнок, пагонів минулого року і закладених бруньок (Рис. 3) [39].

1. Довжина хвоїнки, вимірюється за допомогою вимірювальної лупи на протязі минулого року.

2. Довжина приросту пагонів кожного року, вимірюється, починаючи від останнього, рухаючись послідовно по міжвузлях від року до року.

3. Товщина дворічного осьового виросту.

4. Довжина бруньок, вимірюється вимірювальною лупою.

5. Діаметр бруньки, вимірюється в найширшому місці.

Також підраховувалися:

- Зближення хвоїнок, яка визначається на прирості минулого року шляхом підрахунку кількості хвоїнок на 10 см виросту.

- Галуження, підраховується в місцях мутовок.

- Число сформованих бруньок.

Для всіх показників визначалися середні значення.

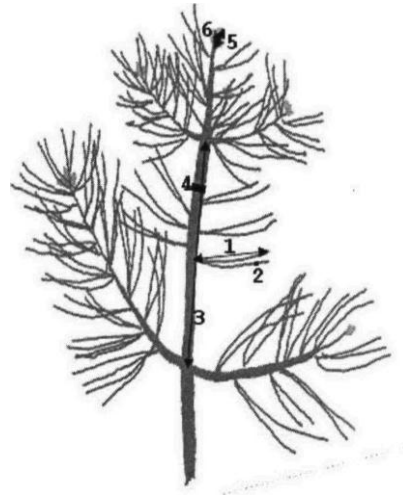


Рис. 3. Схема морфологічних ознак, використаних для оцінки стабільності розвитку сосни звичайної (*Pinus silvestris*).

Аналіз ґрунтових проб і рослинного матеріалу на вміст в них важких металів проводився атомно-абсорбційним методом визначення токсичних елементів (ДСТУ 30178-96) на установці «Спектр-М5». Вміст важких металів Pb, Cd, Si, Zn визначалося в верхньому корнеактивному шарі ґрунту (0-5 см, 6-10 см, 11-15 см), листках, хвої і плодах дерев, а також в плодових тілах шапинкових грибів. Оцінка стану сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) за комплексом морфологічних ознак проводилася з урахуванням біометричних показників хвої, пагонів, нирок. Ці показники широко використовуються в дослідженнях стану хвойних рослин з рекомендацією застосування 5-ти бальної шкали, в якій за 1-й бал, приймаються показники контролю [39].

Для оцінки достовірності відмінностей значень флуктуаційної асиметрії листя берези бородавчастої і дуба черешчатого нами додатково до методики В. М. Захарова (2000) була застосована рекомендація Козлова (2002): не використовувати для кінцевої інтерпретації результатів оцінку значущості відмінностей між вибірками з параметричного критерію Стюдента. Так як у випадках, коли нормальність розподілу значень вибірки не доведена, параметричні методи не дають достовірних результатів [24].

РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ ДО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ БІОІНДИКАЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

3.1. Стан лісових екосистем поза зоною впливу промислових підприємств і автотранспорту.

Ділянка лісу, розташованого в 9 км на північний захід від села Селезівка Овруцького району, використовувалася в якості контролю (Рис. 4). В даному районі відсутні промислові підприємства і автотраси. Рекреаційним впливів лісова екосистема схильна до мінімально. Ліс сосноводубово-березовий різнотравно-злаковий.



Рис. 4. Ділянка лісу в околицях села Селезівка

Фітоценоз даної екосистеми розвивається на світло-сіро легкосуглинистому лісовому ґрунті. Для визначення рівня фітотоксичності даного ґрунту ми провели порівняння концентрації важких металів в його верхньому шарі зі значеннями орієнтовно допустимих концентрацій (ОДК), найбільш застосовними в даний час в Україні для оцінки якості ґрунту.

Дані хімічного аналізу в порівнянні з ОДК наведені на Рис. 5.

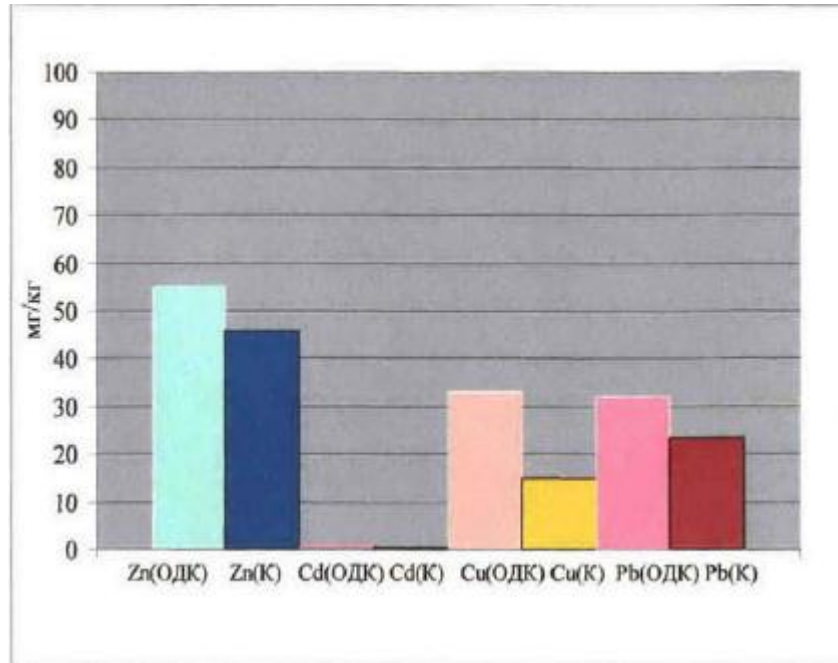


Рис. 5. Вміст важких металів в ґрунті лісової екосистеми в околицях села Селезівка (контроль) у порівнянні з ОДК (мг / кг), 2017 - 2019 рр.

Вміст врахованих важких металів в ґрунті лісової екосистеми в околицях села Селезівка нижче ОДК. Ці показники можна визнати фоновими для досліджуваних лісових екосистем Житомирської області.

Дерева, що розвиваються на даній території накопичують в листі мідь в концентраціях 4 - 5,52 мг/кг, цинк – 3,4 – 4,08 мг/кг, кадмій 0,024 - 0,029 мг/кг, свинець - 0,076 - 0,083 мг/кг. При цьому береза бородавчаста накопичує в листі в 1,3 - 1,6 рази більше важких металів, ніж сосна звичайна в хвоїнки. Особливо помітно це проявляється в накопиченні міді і цинку. Оцінка вживання людиною в їжу плодів рослин і плодових тіл шапинкових грибів даної екосистеми показала, що в плодах яблуні вміст цинку нижче ГДК в 7,39, кадмію - в 2,4, міді - в 2,99, свинцю - в 17 разів; в плодових тілах сироїжки харчової вміст цинку нижче ГДК - в 4,99, кадмію - в 3, міді - в 1,5, свинцю - в 21 разів.

При цьому в плодах лісової яблуні зміст всіх врахованих важких металів нижче, ніж в плодових тілах сироїжки харчової. Так, свинцю в тілі грибів в 6 разів, а міді в 4 рази більше, ніж в плодах яблуні. Це показує, що гриби мають більшу здатність акумулювати в собі токсичні речовини, присутні в ґрунті, і розвиваючись в екологічно чистих умовах.

Характеристика лісової екосистеми.

Перший ярус утворений березою бородавчастою (*Betula pendula* Roth.) з домішкою дуба черешчатого і сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у віці 30 -35 років. Таксономічна характеристика деревостану приведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Таксономічна характеристика деревостану лісової екосистеми в околицях села Селезівка, 2017 - 2019 рр.

Склад	Вік, роки	Середня висота, Н, м	Середній діаметр, D, см	Клас бонітету	Повнога, Р
Береза бородавчата (<i>Betula pendula</i> Roth)	30	12	20	1	0,6
Дуб черешчатий (<i>Quercus robur</i> L.)	29	13	19	1	0,8
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	30	14	19	1	0,6

Дані таксономічної характеристики свідчать про відсутність ознак пригнічення дерев. Наявності осередків розмноження шкідників і ознак захворювання лісу не відзначено. Другий ярус складають бересклет бородавчастий (*Euonymus verrucosus*), ліщина звичайна (*Corylus avellana*), горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*), осика (*Populus tremula*). Надґрунтовий покрив обстежених ділянок представлений наступними видами:

1. Анемона жовтецева (*Anemone ranunculoides*),
2. Гравілат міський (*Geum urbanum*),
3. Суниця лісова (*Fragaria vesca*),
4. Грястиця збірна (*Dactylis glomerata*),
5. Зірочник лісовий (*Stellaria holostea*),
6. Зніт гірський (*Epilobium montanum*),
7. Копитняк європейський (*Asarum europaeum* L),

8. Дзвоники розлогі (*Campanula patula*),
9. Медунка неясна (*Pulmonaria obscura*),
10. Лисохвіст лучний (*Alopecurus pratensis*),
11. Жовтець їдкий (*Ranunculus acris*),
12. Перестріч гайовий (*Melampyrum nemorosum*),
13. Мятлик луговий (*Poa pratensis*),
14. Орляк звичайний (*Pteridium aquilinum*),
15. Осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.), .
16. Пижмо звичайне (*Tanacetum vulgare*),
17. Пирій повзучий (*Elytrigia repens*),
18. Хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum*),
19. Яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria*),
20. Деревій звичайний (*Achilea millefolium*),
21. Фіалка собача (*Viola canina*),
22. Хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum*),
23. Щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas*)

Видовий склад трав'янистих рослин включає неморальне ядро, яке вказує на вторинне походження даної екосистеми на місці зведеної діброви. Всі види рослин, що становлять надґрунтовий покрив, розвинені без ознак деградації. Таким чином, лісова екосистема, згідно таксономічної характеристики деревостану і опису видового складу, не несе на собі ознак пригнічення і деградації, рослини всіх ярусів добре розвинені, видовий склад трав'янистих рослин включає види, характерні для даного типу лісу.

Результати біоіндикації:

У досліджуваній екосистемі показники флуктуючої асиметрії визначалися для берези бородавчастої (*Betula pendula* Roth.) і дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), що входять в верхній ярус лісу.

Наведені дані показують, що величина інтегрального показника стабільності розвитку в вибірках берези бородавчастої (*Betula pendula* Roth.) На даній території становить 0,05, а дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) 0,062. Це свідчить про

високий ступінь симетричності листових пластинок берези бородавчастої (*Betula pendula* Roth.) і дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в даній екосистемі.

Визначення рівня стабільності розвитку сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в даній екосистемі вироблялося з урахуванням меристичних, рахункових і візуальних показників розвитку вегетативних та генеративних органів. Середня довжина хвоїнок сосни на досліджуваній території (8 см) наближається до максимально можливого значення для даного виду (8,7 см) [25].

Некрози хвої в даній вибірці відсутні. Морфологічний розвиток хвої – 16 бал. Показники розвитку пагонів і бруньок сосни так само відповідають оптимальним значенням для даного виду. Згідно з наведеними лісотаксономічними і біоіндикаційними характеристиками робимо висновок, що дана лісова екосистема тривалий час розвивається нормально, стійко і може служити в якості контролю.

3.2 Стан лісових екосистем в зоні впливу промислових підприємств.

Ділянка лісу, розташована в 300-600 м. на північний захід від території Іршанського гірничо-збагачувального комбінату, є сосново-березовим різнотравно-злаковим лісом, що формується на основі лісопосадок. Він знаходиться в зоні випадання викидів забруднюючих речовин, вироблених даним підприємством (Рис. 6).



Рис. 6. Ділянка лісу в околицях Іршанського гірничо-збагачувального комбінату

В ході роботи Іршанського гірничо-збагачувального комбінату відбувається викид в атмосферу комплексу забруднюючих речовин, серед яких присутні речовини, специфічні для даного виробництва. Серед газоподібних викидів даного підприємства переважають вуглекислий газ і оксиди азоту (Рис. 7).

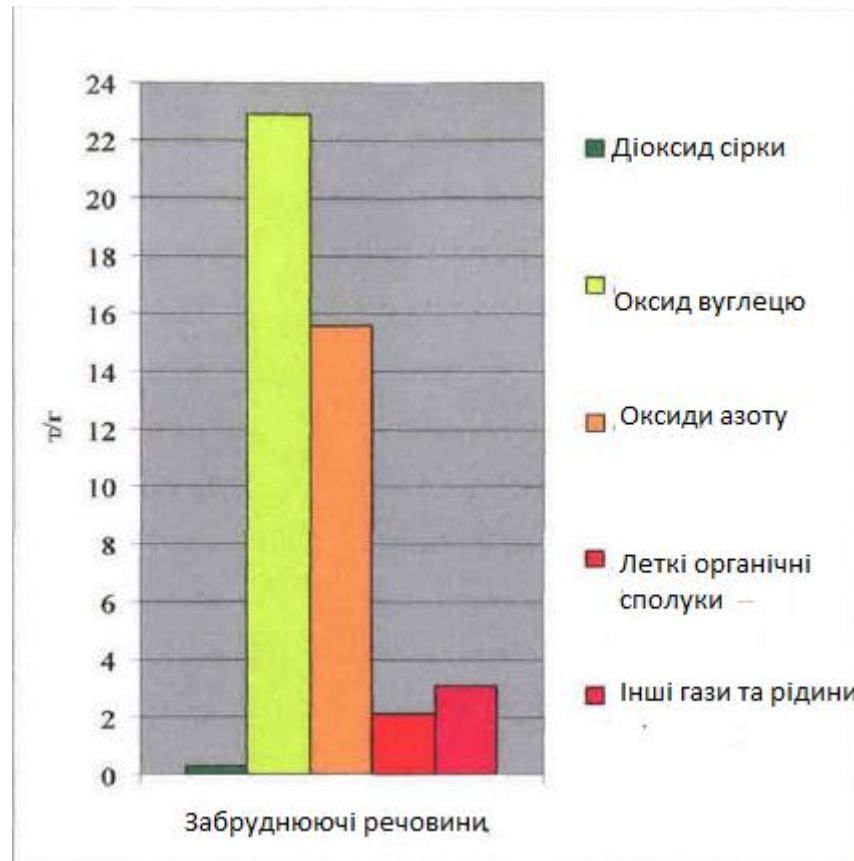


Рис. 7. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу (т/г) Іршанського гірничо-збагачувального комбінату 2017 - 2019 рр.

Крім газоподібних речовин у викидах металургійного підприємства присутні важкі метали у вигляді оксидів алюмінію, магнію, заліза, а так само солі соляної кислоти. Велике екологічне значення має наявність у викидах специфічних забруднюючих речовин, в тому числі таких високо токсичних як толуол, ксилол, формальдегід та інші (Рис. 8).

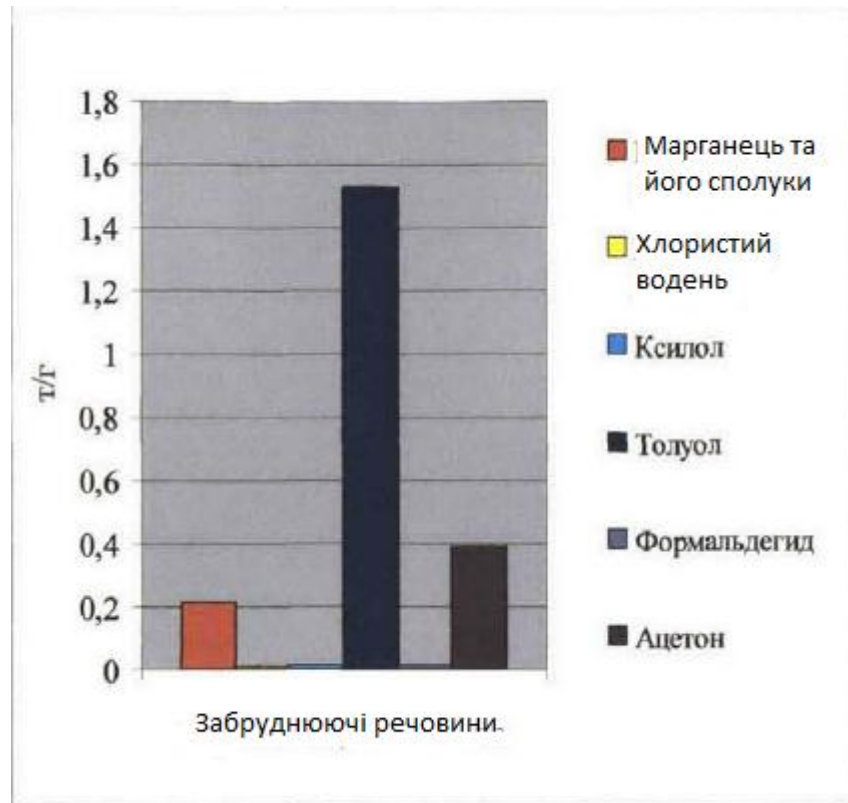


Рис. 8. Викиди специфічних забруднюючих речовин в атмосферу (т/т) Іршанського гірничо-збагачувального комбінату 2017-2019 роки.

Специфічні викиди даного підприємства містять речовини, які здатні реагувати між собою в атмосфері і воді, утворюючи нові більш токсичні сполуки. Так, реакція толуолу з оксидом азоту (II) призводить до утворення нітрофенолів, а реакція хлору з фенолами, амінами, бензолом - до відповідних хлорпохідних, в тому числі і самого токсичного антропогенного з'єднання – діоксину [21].

Можливість протікання таких реакцій в умовах підвищеної атмосферної вологості в вегетаційний період досить висока.

Якщо атмосферні опади впливають, в основному, на фотосинтезуючі органи, то на загальні показники стійкості рослин великий вплив робить також наявність в ґрунті токсичних сполук, в тому числі важких металів. Результати хімічного аналізу рівня забрудненості лісових ґрунтів важкими металами на даній території показані на рисунку 9.

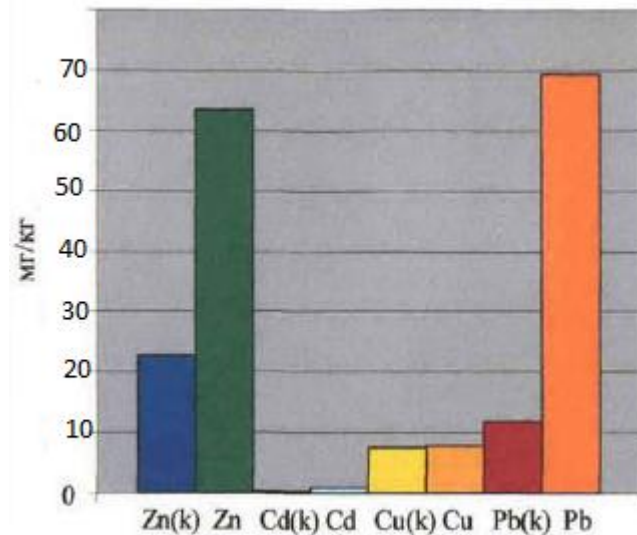


Рис. 9. Вміст важких металів в ґрунті лісової екосистеми (мг/кг) 2017-2019 роки

Отримані дані свідчать про те, що в ґрунті досліджуваної лісової екосистеми в великій кількості присутні важкі метали, серед яких найбільших концентрацій досягає цинк і свинець. Коефіцієнти концентрації виявляють перевищення вмісту цинку (в 3 рази), кадмію (в 4 рази) та свинцю (в 6 рази) в порівнянні з ґрунтами контрольної ділянки.

Аналіз представлених даних показує, що листя берези і хвоя сосни переважно акумулюють в собі цинк і мідь. Накопичення свинцю і кадмію блокується рослиною. Про це свідчать і низькі значення їх коефіцієнтів накопичення. У порівнянні з контролем вміст в листі берези даної ділянки вище в 21,2 раз, Cd - в 2, Pb - в 1 раз; в хвої сосни більше в 23 рази, Cd - в 3, Pb - в 2 раз, концентрація міді не перевищує контролю.

Дослідження концентрації цих речовин в плодах деревних рослин і в плодових тілах шапинкових грибів даної лісової екосистеми показали, що в плодах плодових дерев і плодових тілах грибів, які ростуть на досліджуваній території, накопичення важких металів перевершує зміст в контрольних зразках, особливо цинку, що пов'язано з його високим вмістом в ґрунті. У плодових тілах шапинкових грибів рівень концентрації важких металів в 2 - 9 разів вище, ніж в плодах квіткових рослин, які ростуть на тій же території, в порівнянні з контрольною територією в грибах вміст важких металів збільшується: Zn - в 15 разів, Cd- 3 разів,

Ci - 2 разів, Pb - 4 разів.

Характеристика лісової екосистеми.

Перший ярус утворений березою бородавчастою (*Betula pendula* Roth.) і сосною звичайною (*Pinus sylvestris* L.) у віці 29 - 34 років (Таблиця 2).

Таблиця 2

Таксономічна характеристика деревостану лісової екосистеми.

Точка 1, 2017 - 2019 рр.

Склад	Вік, рік	Середня висота, H, м	Середній діаметр, см	Клас бонітету	Повнота, P
Береза бородавчата (<i>Betula pendula</i> Roth.)	29	11	21	2	0,5
	29	13	19	2	0,6
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)					

За основними показниками таксономічна характеристика деревостану даної території поступається контрольній ділянці, бонітет деревостану знижується. Другий ярус складає горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*), в'яз граболистий (*Ulmus carpinifolia*), яблуня лісова (*Malus sylvestris*), груша звичайна (*Pyrus communis*). Надгрунтовий покрив обстежених ділянок представлений наступними видами:

1. Гравілат міський (*Geum urbanum*),
2. Суниця лісова (*Fragaria vesca*),
3. Подорожник середній (*Plantago media*),
4. Пирій повзучий (*Elytrigia repens*),
5. Хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum*),
6. Парило звичайне (*Agrimonia eupatoria*),
7. Деревій звичайний (*Achilea millefolium*),
8. Цикорій звичайний (*Cichorium intybus*).

Трав'янистий ярус включає малу кількість видів, що пояснюється антропогенним походженням даного лісу та високим антропогенним

навантаженням. Відсутні багато видів лісових трав'янистих рослин. У той же час виражених ознак пригнічення і деградації (ураження шкідниками та хворобами, масове відмирання рослин різних ярусів, порушення надґрунтового покриву) в даній екосистемі не спостерігається.

Результати біоіндикації:

Визначення величини флуктуючої асиметрії листя берези бородавчастої виявили виражені ознаки гноблення. Середній показник ступеня асиметрії листя берези в даній екосистемі становить 0,06, що відповідає 5 балу стабільності розвитку.

Показники розвитку вегетативних та генеративних органів у сосен на даній ділянці нижче контрольних значень. Довжина хвоїнок менше контрольних значень на 25%, ширина - на 34%. Щільність розташування хвої на пагонах вище контрольних показників, що свідчить про несприятливі умови проживання, так як зближеність хвоїнок спостерігається при уповільненні його верхівкового росту [4, 23].

Відзначаються некрози хвої, серед яких переважають сухі кінчики хвоїнок і плями жовтого кольору на поверхні хвоїнки. Загальний бал морфологічного розвитку хвої - 5.

Показники розвитку пагонів і бруньок сосни звичайної так само свідчать про пригнічений стан рослин. Довжина і товщина осьових пагонів сосни звичайної в досліджуваній екосистемі на 57% і 59% нижче, ніж відповідні показники в контролі, розміри нирок також нижче контрольних. Бал морфологічного розвитку пагонів - 4й, бал морфологічного розвитку нирок - 5-й.

3.3 Стан лісових екосистем на територіях, що прилягають до автодоріг.

Точка 4. Точка 5.

Ділянка березово-дубового конвалієво-ситникового лісу, розташована уздовж автодороги Київ-Чоп в районі с. Березина Житомирського району, обстежувався на відстані 10 м (точка 4) і 100 м (точка 5) від дорожнього полотна, що дозволило простежити динаміку показників стабільності розвитку деревного ярусу в залежності від близькості до джерела автотранспортного забруднення (Рис. 10).



Рис. 10. Ділянка лісу вздовж автодороги Київ-Чоп

Автодорога Київ-Чоп має щільність транспортного потоку в середньому 724 автомобіля на годину. Серед автотранспорту присутні легкові і вантажні автомашини, автобуси. Середні показники кількості одиниць автотранспорту в одиницю часу наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Структура транспортного потоку на автодорозі Київ-Чоп. 2017 - 2019 рр.

	Автотранспорт	Щільність транспортного потоку (авт/год)
1.	Легковий	578
2.	Вантажний	110
	легкий	17
	середній	31
	важкий	62
3.	Автобуси	60
	Всього:	748

Згідно з даними, наведеними в таблиці, в структурі транспортного потоку переважає легковий автотранспорт, частка якого становить 78%. Сумарна завантаженість дороги автотранспортом – 16,9 тис. автомобілів на добу відповідає середній інтенсивності руху (ДСТУ - 17.22.03 - 77). Оцінка забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів по концентрації окису вуглецю показала, що на даній ділянці вона становить в середньому 2,78 мг/м³, що не перевищує ГДК.

Осідання забруднюючих речовин, що виробляються при роботі двигунів, уздовж дорожнього полотна приводить до забруднення при магістральних ґрунтів комплексом хімічних сполук, в тому числі важкими металами [17]. Дані про їхній зміст в ґрунтовому шарі в точках 4, 5 наведені в порівнянні з контролем показані на Рис. 11.

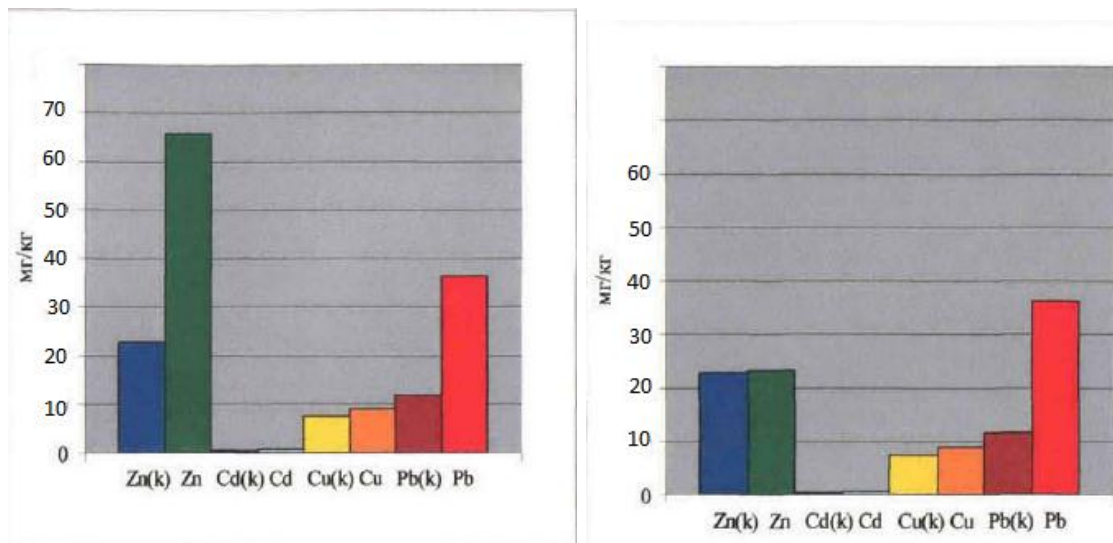


Рис.11. Вміст важких металів в ґрунті лісової екосистеми вздовж автодороги Київ-Чоп (мг / кг). Точка 4, Точка 5. 2017 - 2019 роки.

Згідно з отриманими даними, середня концентрація солей важких металів при видаленні від транспортного полотна зменшується, що підтверджує бар'єрну роль лісових масивів, розташованих у автодоріг. З наведених в Додатку значень коефіцієнта концентрації видно, що в 10 м від дорожнього полотна середня концентрація цинку більш ніж в 10 разів перевищує контрольні показники, а концентрація свинцю - більш ніж в 6,5 разів. У 100 м від дороги показники за цими металами знижуються майже в 2,5 рази. Вміст міді і кадмію при цьому змінюється незначно, що можна пояснити в цілому невисоким (близьким до контрольного) змістом їх в досліджуваному ґрунті.

Результати аналізу вмісту важких металів у рослинних тканинах показують, що в листі беріз, які ростуть в 10 м від автодороги, воно значно вище, ніж в листі дубів, які ростуть на тій же ділянці. У листі всіх обстежених видів дерев в точці 4 відбувається переважно накопичення міді і цинку, накопичення кадмію і свинцю

незначно.

На відстані 100 м від автодороги в листі берези вміст цинку скорочується на 90%, кадмію - на 35%, міді - на 15%, свинцю - на 54%. У листі дуба концентрація враховуються важких металів знижується подібним чином. Коефіцієнти накопичення цих металів зменшуються в 2 - 3 рази.

У плодах деревних рослин і плодових тілах шапинкових грибів, які ростуть в 10 - 20 м. від дорожнього полотна, важкі метали накопичуються в концентраціях в 2 - 17 разів перевищують ГДК. Концентрація цих речовин набагато вище в плодових тілах грибів, ніж в плодах деревних рослин, особливо це стосується цинку, міді і свинцю.

Характеристика лісової екосистеми.

Перший ярус даної лісової екосистеми утворений дубом черешчатим (*Quercus robur* L.) та березою бородавчастою (*Betula pendula* Roth.) (Таблиця 4). Серед дерев облікового майданчика, розташованого в 10 м від автодороги, переважають рослини з помітними пошкодженнями листя: на листі присутні жовті плями, спостерігається скручування листа, сухі кінчики і явна асиметрія листової пластинки. Деревя облікового майданчика, розташовані в 100 м від автодороги, зовні нормально розвинені, листові пластинки не мають видимих ушкоджень.

Таблиця 4

Таксономічна характеристика деревостану лісової екосистеми.

Точка 4, Точка 5, 2017 — 2019 рр.

Склад	Вік, роки	Середня висота, Н, м	Середній діаметр, см	Клас бонітету	Повнота
Береза бородавчата (<i>Betula pendula</i> Roth.)	32	13	30	2	0,7
Дуб черешчатий (<i>Quercus robur</i> L.).	32	12	26	3	0,6

Згідно таксономічної характеристики деревостан даної екосистеми

розвивається з відхиленнями від оптимуму: висота дерев даного віку може досягати 15 м (згідно з прийнятою в лісівництві бонітувальною шкалою) [25].

Дерева ж досліджуваної екосистеми відстають від максимальних значень на 20% (береза) і 33 % (дуб).

Другий ярус складає підріст берези, горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*), бересклет бородавчастий (*Euonymus verrucosus*), ліщина звичайна (*Corilus avellana*), груша звичайна (*Pyrus communis*).

Надґрунтовий покрив представлений наступними видами:

1. Анемона жовтецева (*Anemone ranunculoides* L),
2. Гравілат міський (*Geum urbanum*),
3. Зірочки маленькі (*Gagea minima*),
4. Купина багатоквіткова (*Polygonatum odoratum*),
5. Грястиця збірна (*Dactylis glomerata*),
6. Копитник європейський (*Asarum europaeum*),
7. Конвалія травнева (*Canvalaria majalis*),
8. Жовтець їдкий (*Ranunculus acris*),
9. Яглиця звичайна (*Aegopodium podagraria*),
10. Хвощ лісовий (*Eguisetum sylvaticum*).

Проективне покриття трав'янистого ярусу становить 75-82%, мертвий рослинний опад займає 27-33% поверхні ґрунту, що пояснюється як високою зімкнутістю крон, так і наявністю забруднюючих речовин в ґрунті і повітрі, що перешкоджає розвитку чутливих видів неморальної флори. Наявність неморальних елементів свідчить про походження даної екосистеми на місці зведених дібров.

Результати біоіндикації: розподіл вибірки листя по балах асиметрії свідчать про високий ступінь асиметричності листових пластинок берези бородавчастої на території, прилеглої до автодороги (відстань від автодороги - 10 м): середній показник асиметричності становить 0,07, що відповідає 5 балу. При видаленні від дорожнього полотна на 100 м асиметричність листя берези зменшується: середній показник асиметричності на цій ділянці становить 0,06, що відповідає 4 балу (Рис. 12).

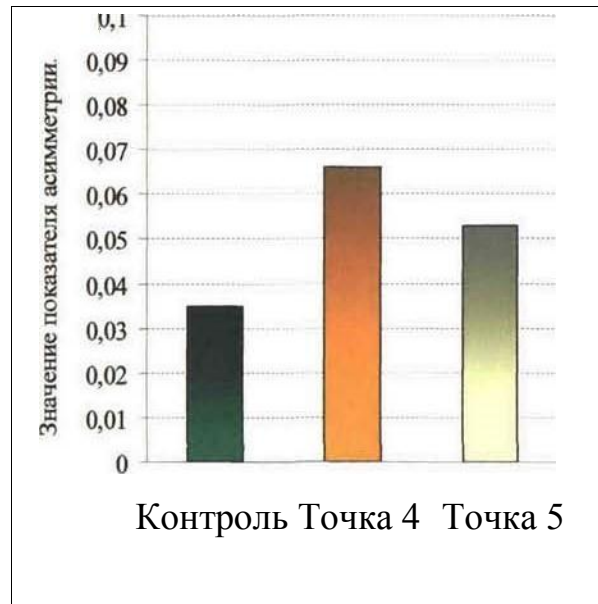


Рис. 12. Величина інтегрального показника стабільності розвитку (середнє відносне розходження між сторонами на ознаках) в вибірках берези бородавчастої (*Betula pendula* Roth.) Точка 4, Точка 5, 2017 - 2019 рр.

Показники флюктуючої асиметрії листя дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), що росте на видаленні 10 м і 100 м від автодороги, також дають більш чітку картину стану досліджуваних дерев: середній показник асиметричності листя дуба становить 0,1, це відповідає 5 балу. На відстані 100 м від автодороги асиметричність листя дуба зменшується: показник асиметричності - 0,1, що відповідає 3-му балу (рисунок 13).

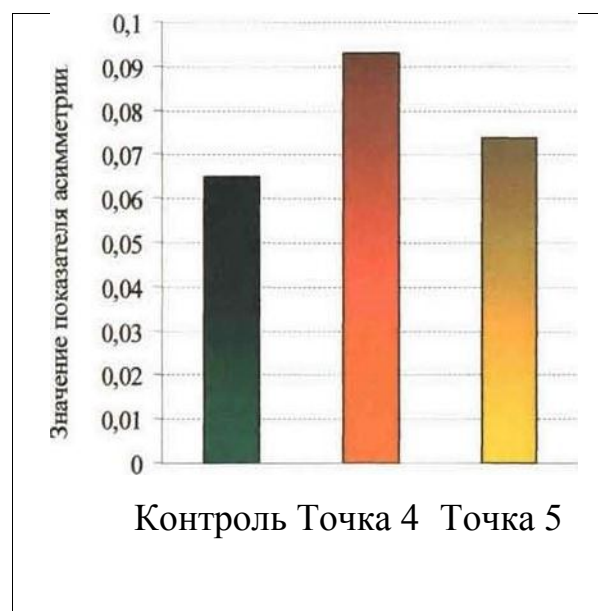


Рис. 13. Величина інтегрального показника стабільності розвитку (середнє відносне розходження між сторонами на ознака) в вибірках дуба черешчатого

(Quercus robur L.). Точка 4, точка 5. 2017 - 2019 роки.

Очевидно, що динаміка показників флуктуючої асиметрії листя берези і дуба має подібну тенденцію: в міру віддалення від автодороги стабільність розвитку дерев підвищується, що ще раз показує бар'єрну роль лісових насаджень, що затримують поширення забруднюючих речовин. Однак і на відстані 100 м від дороги дерева розвиваються з сильними порушеннями, що вказує на стресовий стан екосистеми.

3.4. Стан лісових екосистем в приміських рекреаційних зонах.

Ділянка березового різнотравно-злакового лісу в лісопарковій зоні міста Житомира, розташований в 3 км на захід від ресторану «Ялинка» в районі с. Баришівка, віддалений від найближчої автодороги з твердим покриттям більше, ніж на 300 м, промислові підприємства в даній місцевості відсутні. Ця територія є місцем повсякденного відпочинку жителів міста (Рис. 14).



Рис. 14. Ділянка лісу в лісопарковій зоні міста Житомира.

Середньорічне одноразове рекреаційне навантаження на даній території склала 2,69 чол / га, що перевищує допустимі нормативні значення рекреаційного навантаження для даного типу лісу [19, 20]. Вміст важких металів в ґрунті лісової екосистеми показано на рисунку 15.

У активному шарі ґрунту досліджуваної лісової екосистеми присутні важкі метали, найбільшої концентрації досягають цинк і свинець, вміст яких перевищує контрольні показники в 2 і 3 рази відповідно, концентрації кадмію і міді близькі до контрольних.

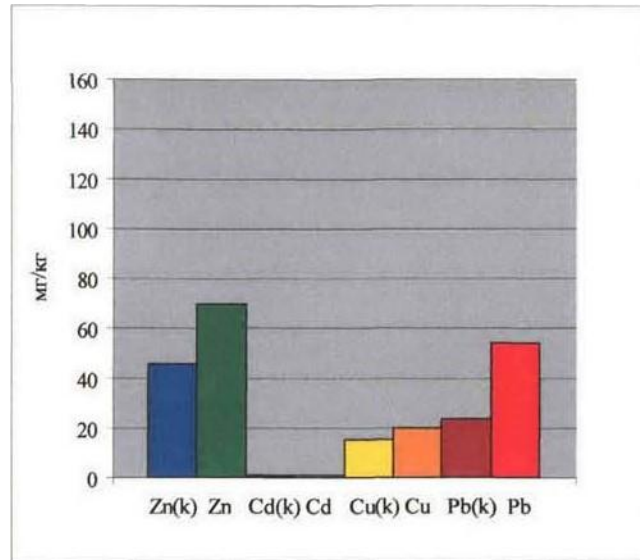


Рис. 15. Вміст важких металів в ґрунті лісової екосистеми 2017 - 2019 роки.

Підвищений вміст важких металів на даній території можна пояснити переміщенням повітряних мас, що містять забруднюючі речовини, з боку промислової зони міста Житомир і наявністю в лісі ґрунтових доріг, які використовуються відпочиваючими.

Характеристика лісової екосистеми.

Перший ярус даної лісової екосистеми утворений березою бородавчастою (*Betula pendula* Roth.) в віці 30 - 35 років (таблиця 5).

Таблиця 5

Таксономічна характеристика деревостану лісової екосистеми. 2017 - 2019 рр.

Склад деревостану	Вік, роки	Середня висота, Н, м	Середній діаметр, см	Клас бонітету	Повнота, Р
Береза бородавчатая (<i>Betula pendula</i> Roth.)	35	15	27	1	0,7

Наведена таксономічна характеристика деревостану вказує на благополучний стан дерев в даній екосистемі: їх зріст сягає оптимальних значень і відповідає 1 класу бонітету. Другий ярус складає горобина звичайна (*Sorbus aucuparia*), осика тремка (*Populus tremula*), груша звичайна (*Pyrus comunitis*). Надґрунтовий покрив обстежених ділянок представлений наступними видами:

1. Горлянка повзуча (*Ajuga reptans*),
2. Анемона жовтецева (*Anemone ranunculoides*),
3. Гравілат міський (*Geum urbanum*),
4. Дзвоники розлогі (*Campanula patula*),
5. Суниця лісова (*Fragaria vesca*),
6. Конвалія травнева (*Convallaria majalis*),
7. Жовтець їдкий (*Ranunculus acris*),
8. Медунка темна (*Pulmonaria obscura*),
9. Тонконіг лучний (*Poa pratensis*),
10. Деревій звичайний (*Achilea millefolium*),
11. Фіалка собача (*Viola canina*),
12. Хвощ лісовий (*Equisetum sylvaticum*).

У трав'янистому ярусі велике проектне покриття конвалії травневої, медунки неясної, живучки повзучої. У місцях постійно відвідуваних стоянок переважають злаки, що зумовлено підвищеною ущільнення лісового ґрунту. За лісі прокладено стежки шириною 0,5 - 1 м. У місцях тимчасової дислокації відпочиваючих є свіжі вогнища, вибиті майданчики. На території пробного майданчика площа вогнищ становить 4 кв. м, площа вибитих майданчиків 10 кв. м. У середньому порушені території в даній екосистемі складають 20 кв. м/га.

Результати біоіндикації:

В середньому показник асиметрії листків берези в даній екосистемі складає 0,05, що відповідає 3-му балу. Наслідком порушення стабільності розвитку дерев являється зниження стійкості даної екосистеми.

ВИСНОВКИ

1. У зоні впливу промислових підприємств в ґрунті вміст цинку перевищує фоновий рівень в 3,4 – 4,08 рази, кадмію - в 2 - 4 рази, міді – 3,34 - 4 рази, свинцю - в 2 – 3,45 рази. На територіях, впритул прилеглих до автодоріг, концентрація важких металів перевищує контрольні показники по цинку - в 2 - 3 рази, кадмію – 2,43 – 5,12 разів, міді - в 1,5 – 2 рази, свинцю - в 7 - 26 рази. При віддаленні на 100 м від дорожнього полотна в ґрунтах лісових екосистем концентрація важких металів знижується в 1,5-3 рази завдяки бар'єрної функції рослин. У рекреаційних зонах в порівнянні з контролем вміст цинку підвищено в 1 - 1,5 рази, кадмію - в 1,5 рази, міді - в 1,5 - 2 рази, свинцю - в 2 - 4 рази.

2. Найбільших значень концентрація важких металів досягає в листі і хвої дерев, які ростуть в 10 м. від дорожнього полотна. Так в листі берези, що росте в 10 м. від автодороги Київ-Чоп, концентрація цинку в 35 разів більше контрольних показників, кадмію - в 1,05, міді - в 4, свинцю - в 5,16 разів. Накопичення важких металів зменшується в ряді: береза бородавчаста - дуб звичайний - сосна звичайна. Концентрація важких металів у листі берези бородавчастої перевершує їх зміст в листі дуба в 1,5 - 2 рази і в хвоїнок сосни - в 1,5 - 2 рази. Найбільші концентрації важких металів виявляються в плодових тілах грибів, вони перевершують показники листя в середньому на 25%, а показники плодів *Malus sylvestris* (L.) Mill. і *Pyrus communis* L. на 40%.

3. Біоіндикаційні показники видів-едификаторів лісових екосистем при впливі на екосистему промислових викидів знижуються до 3 - 5 балів; в залежності від рівня автотранспортних забруднень - до 4 - 5 балів, від рівня рекреаційного навантаження на екосистему - до 1 - 3 балів. Лісотехнічні показники змінюються менш чітко: в промислових зонах і вздовж доріг бонітет дерев знижується до другого класу, а в рекреаційних зонах залишається на рівні першого класу.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Серед видів-едафікаторів лісових екосистем на території Житомирської області найбільш стійкою до антропогенного забруднення є береза бородавчата. Накопичуючи в своїх тканинах важкі метали, вона ефективно їх нейтралізує і розвивається більш стабільно, ніж два інших види-едафікатора - дуб звичайний і сосна звичайна, які, згідно з іншою стратегією виживання рослин, створюють внутрішньоклітинні бар'єри на шляху проникнення забруднюючих речовин і містять меншу їх кількість, проявляючи при цьому, згідно з біоіндикаційними показниками, більш низьку стабільність розвитку і стійкість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авров Ф. Д. Восстановление устойчивых лесных насаждений // Лесное хозяйство. -2000.-№2. С. 33-35.
2. Алексеев В.А. Световой режим леса. Л., 1975. 228 с.
3. Алексійчук О. М. Зоохорія і формування різноманіття лісових біогеоценозів. Екологія. Наука. Практика -2020: матеріали Всеукраїнської наук.-прак. Конф. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 3-6.
4. Андриенко Т.Л. Клас Vaccinio-Piceetea : сосновые леса Украинского Полесья. Классификация растительности СССР с использованием флористических критериев. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1986. С. 111–121.
5. Андриенко Т.Л., Ю.Р. Шеляг-Сосонко. Растительный мир Украинского Полесья в аспекте его охраны. К. : Наукова думка, 1983. 216 с.
6. Андрієнко Т.Л. Рослинність Українського Полісся. Територіальний розподіл, динаміка, охорона : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.05 “Ботаніка”. К., 1992. 46 с.
7. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. К. : Наукова думка, 1991. 168 с.
8. Вальтер Г. Растительность земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Т. 2. Леса умеренной зоны. М., 1974. 423 с.
9. Виноградов Б. В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов. - М. :Высшая школа, 1964. 328 с.
10. Воробйов Є.О. Сенчило Є.О. До питання класифікації екосистем Укр. фітоцен. збірник. Серія С. К. : Фітосоціоцентр, 2005. Вип. 23. С. 77–90.
11. Гоманова М. И., Дубцова М. П., Личино И. П. Накопление ионов тяжелых металлов растениями как метод экологического мониторинга // Экология и охрана окружающей среды. Материалы I Международной, IV Всероссийской научн. Практ. Конф. Г. Рязань, 1994. С. 43-44.

12. Дідух Я.П. Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів / Я.П. К.: Наук. думка, 1994. 280 с.
13. Дочинжер Л. С Атмосферные загрязнители и их влияние на листья лесных деревьев. Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Таллин, 1982. – Ч.1. С. 48-75.
14. Евстигнеев О.И. Особенности развития широколиственных деревьев под пологом леса при различной освещенности. Бот. журн. 1988. Т. 73. № 12. С. 1730-1736.
15. Евстигнеев О.И. Отношение лиственных деревьев к свету и водообеспеченности в связи со структурой леса. Лесоведение. 1996. № 6. С. 26-35.
16. Евстигнеев О.И. Отношение лиственных деревьев к свету. Биол. науки. 1991. № 8. С. 20-29.
17. Емельянова Ж. В. Биоиндикационная оценка качества городской среды по состоянию здоровья детей. КГПИ. Калуга, 2000. – С. 23-27.
18. Захаров В. М., Борисов В. И., Баранов А. С. Оценка здоровья среды на участках с разным уровнем радиационного загрязнения / Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. – М., 1996. С. 41-48.
19. Захаров В. М., Крысанов Е. Ю., Проблема оценки последствий Чернобыльской катастрофы для здоровья среды / Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. – М., 1996. С. 9-11.
20. Захаров В. М., Крысанов Е. Ю., Пронин А. В. Методология оценки здоровья среды / Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. – М., 1996. С. 22-23.
21. Иванов В. Г. Екологічна хімія: конспект лекцій. Х.: Вид. ХНЕУ, 2013. 108с.
22. Константинов Е. Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как вида биоиндикатора: автореф. Дис. ... канд. Биол. Наук: 03.00.16. Калуга, 2001. 20с.

23. Криволучкий Д. А., Шаланки Я., Гусев А. А. Международное сотрудничество в области биоиндикации антропогенных изменений среды / Биоиндикация и биомониторинг. М.: Наука, 1991. 288с.
24. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 293с.
25. Лесная энциклопедия. В 2 т. / Под ред. Г. И. Воробьева. М.: Советская энциклопедия, 1985. 563с.
26. Мокров И. В., Гелашвили Д. Б. Оценка качества городской среды по стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) / Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. Тезисы докладов. – СПб.: изд. РГГМУ, 1999. С. 43-44.
27. Никончук Є. В. Механізми стійкості лісових біогеоценозів. Екологія. Наука. Практика – 2020: матеріали Всеукраїнської наук.-прак. Конф. – Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 88-91.
28. Никончук Є.В., Тимченко А.Ю., Алексейчук О.М., Світельський М.М. Еколого-біологічні особливості накопичення ефірної олії в кореневищах *Valeriana officinalis* L. при застосуванні мінеральних добрив: Біологічні дослідження – 2020: зб. Наук. пр. (XI Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю). Житомир: Рута, 2020. С. 418-421.
29. Петров Е. Г. Эколого-биологические аспекты адаптации и повышения устойчивости лесных экосистем в условиях антропогенного воздействия / Проблемы устойчивости биологических систем : сб науч. Статей. М. : Наука, 1992. С. 78-85.
30. Погребняк П. С. Основи лісової типології. Вид. №2. Київ, 1995. 268с.
31. Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды / Под ред. В. М. Захарова, В. Ю. Крысанова. М., 1996. 170с.
32. Світельський М. М., Никончук Є. В., Тимченко А. Ю., Алексейчук О. М. Лісові біогеоценози та механізми підтримання їх біологічного різноманіття. Наукові читання: Збірник наукових праць. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 59-62.

33. Соломатіна В. Д., Світельський М. М., Никончук Є. В., Алексійчук О. М., Тимченко А. Ю. Бріоіндикація стану лісових екосистем Словечансько-Овруцького кряжу. III Всеукр. наук.-практ. конф. «Водні і наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття-2020»: Зб. наук праць. Житомир: Вид-во ЖНАЕУ, 2020. С. 152-154.
34. Соломаха В. А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення. К.: Фітосоціоцентр, 2008. 296 с.
35. Стрельцов А. Б. Регіональна система біомоніторингу. Калуга : ЦНТІ, 2003. 158с.
36. Стрельцов А. Б., Логинов А. А., Шпынов А. В. Оценка качества городской среды / Экологические и метеорологические проблемы больших городов и пром. Зон. Тезисы докл. Всеросс. Науч. Конф, 1999. С. 42-43.
37. Стрельцов А. Б., О некоторых современных проблемах регионального экологического мониторинга / Экологический мониторинг: научный и образоват. аспект. Материалы Всеросс. н-практ конф. Киров, 2002. С. 18-20.
38. Тимченко А. Ю. Роль діяльності тварин в підтриманні видового різноманіття лісових біогеоценозів. Екологія. Наука. Практика -2020: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. Конф. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 141-144.
39. Федорова А. І., Нікольська А. Н. Практикум по екології і охороні оточуючого середовища. М. : Владос, 2001. 288с.
40. Хом'як І. В. Бурлака В. А., Мустіпака Т. П. Фітоіндикаційна характеристика ступеня антропогенної трансформації екосистем. Вісник ЖНАЕУ, 2012. С. 16–20.
41. Чистякова А.А. Жизненные формы деревьев. Поливариантность онтогенеза деревьев. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники. М., 1989. С. 11-17.