

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ЛАВРОВ Віталій Васильович



ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ЧЕРКАСЬКОЇ
ПРОМИСЛОВОЇ АГЛОМЕРАЦІЇ

03.00.16 - екологія

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата
біологічних наук

Дніпропетровськ - 1994



00801713 (K)

Робота виконана в лабораторії екології Українського ордена "Знак Пошани" науково-дослідного інституту лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г.М.Висоцького

Науковий керівник - доктор сільськогосподарських наук, професор, академік УЕА **Пастернак П.С.**

Офіційні опоненти - доктор біологічних наук Царик Й. В.
- кандидат біологічних наук Зверковський В.М.

Провідне підприємство - Центральний Ботанічний Сад АН України
/м. Київ/

Захист відбудеться "20" квітня 1994 р. о 14 год.
на засіданні спеціалізованої Ради Д 053.24.02 по присудженню наукового ступеня доктора біологічних наук у Дніпропетровському державному університеті за адресою: 329625, ДСП-10, пр. Гагаріна, 72, університет, біолого-екологічний факультет, корпус І7, ауд.6ІІ.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Дніпропетровського державного університету.

Автореферат розіслано "21" березня 1994 р.

Вчений секретар Спеціалізованої вченої ради,
кандидат біологічних наук Дубіна - А.О.Дубіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах науково-технічного прогресу проблема взаємодії людського суспільства з природою набула особливої гостроти. Сьогодні рішення проблеми збереження якості життя людини немислиме без визначення допустимого навантаження на природу, врегулювання природокористування.

У зв'язку з тим, що більшість виробничих циклів незамкнуті, а ефективність очисних споруд недостатня, забруднення природного середовища техногенними емісіями поки що неминуче. Роль лісів у цих умовах особливо актуальна. Завдяки двом властивостям - великим фізіологічно активній поверхні та емкості поглинання, більшія порівняно з людиною чутливості до забруднення повітря - ліси є не тільки незамінним природним фільтром, але й індикатором чистоти повітря. Найбільш чутливими до повітряного забруднення є шпилькові ліси.

Проблема підвищення стійкості лісових екосистем вивчається у лабораторії екології УкрНДІЛГА з 1980 року. У 1987 році тут розроблено "Рекомендації по підвищенню устійчivosti зелених насаджень..", для умов Полісся та Степу України до фітотоксикантів, що містять азот і сірку. В умовах лісостепу вплив на ліс техногенних сірки та азоту залишався не вивченим.

Для прогнозу стану та продуктивності лісових насаджень в умовах забруднення повітря, перегляду стратегії лісовідношення та охорони лісів в останні роки організовано міжнародний моніторинг, в межах якого необхідно розробити єдині критерії оцінки пошкодження лісових екосистем промисловими емісіями. У зв'язку з цим в лабораторії екології УкрНДІЛГА розробляється система біоіндикаторів аеротехногенного пошкодження лісів на рівні лісової екосистеми. В соснових масивах, які розглянуті у цій роботі, дослідження такого роду раніше не проводились.

Актуальність даного дослідження полягає також і в тому, що розглянуті соснові масиви є цінними науковими, природоохоронними та рекреаційними об'єктами зеленої зони м.Черкас, в якому протягом останнього десятиріччя виникла проблема аеротехногенного погіршення здоров'я людей /"Черкаська правда". від 14.08.87 та 26.11.87/. Один із розглянутих лісових масивів виник в результаті заліснення рухомих пісків Чигиринського піщаного пасма /ЧП/. Другий об'єкт є одним з найбільш відомих пристепових борів - Черкаський бір /ЧБ/. Це найбільший в Україні сосновий масив природного

походження, який зберігся на південній межі ареалу сосни звичайної / *Pinus sylvestris* L. /. В складі ЧБ є насадження-пам'ятники природи.

Дисертаційна робота виконувалася в рамках досліджень лабораторії екології УкрНДІЛГА. Частина матеріалів дисертації включено в науковий звіт за № Держреєстрації 01860093646.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень було вивчення стану лісових екосистем, які зазнають дії емісій Черкаської промислової агломерації /ЧПА/, та пошук шляхів підвищення їх стійкості. Для досягнення вказаної мети передбачалось вирішити такі завдання:

1. Вивчити характер забруднення атмосфери викидами ЧПА.
2. Встановити значення мікрокліматичних та орографічних умов району в пошкодженні лісу.
3. Вивчити забруднення атмосферних опадів, деревостанів, лісові підстилки, ґрунту та зміну фізико-хімічних властивостей останніх.
4. Вивчити зв'язок стану та зміни структури деревостанів, а також радіального приросту стовбурів дерев із забрудненням атмосфери.
5. Вивчити зміну трав'яного покриву в зв'язку з аеротехногенним забрудненням, зімкнутістю пошкоджених деревостанів та рекреаційним навантаженням.

Наукова новизна. Вперше в умовах Лісостепу України дана оцінка дії комплексного кислотно-лужного забруднення повітря промисловими емісіями на соснові екосистеми з урахуванням впливу на цей процес інших факторів: кліматичних, ґрунтово-гідрологічних та рекреаційних. Лісові екосистеми ЧПІ та ЧБ розглянуто з позиції історії їх розвитку сполучено з динамікою дії на них природних та антропогенних факторів, в тому числі й промислового забруднення повітря. Зміни в лісовій екосистемі у зв'язку з надходженнями аеротоксикантів вивчалися одночасно на кількох рівнях біологічної організації: клітина /частково/, тканина, організм, ценоз, біогеоценоз /лісова екосистема/ й екосистема даного ландшафту. Завдяки цьому визначено наслідки аеротехногенного забруднення в єдності й взаємозв'язку як зовнішніх, так і внутрішніх умов розвитку екосистеми, з урахуванням властивостей як самого об'єкту, так і середовища, в якому він існує.

При оцінці санітарного стану деревостанів застосовано відносний показник - "середньопропорційний клас Крафта" категорії стану, який відображає локалізацію зони пошкодження у деревному наметі. Це дало можливість порівняти ділянки лісу, пройдені санітарними та іншими рубками різної інтенсивності. Вивчення впливу аеротоксикантів на ріст деревостанів у розрізі біогрупи дерев дозволило врахувати зовнішні, внутрішні та змішані причини, а також виявити явища

та механізми, які домінують в саморегуляції лісової екосистеми і в перебудові її структури. Виявлено властиву для сосни звичайної здатність реагувати на руйнування токсикантами хлорофілу регульованим процесу створення хлоропластів у світовій та тіншовій хвої.

Цінність для практики та реалізація результатів досліджень. На основі результатів проведених досліджень розроблено рекомендації для підвищення стійкості лісових екосистем Черкаського бору до аеротехногенного забруднення і рекомендовано технології створення стійких лісових культур, які прийнято Черкаським обласним комітетом по охороні навколишнього середовища для використання при розробці проекту оздоровлення середовища в Черкасах та збереження лісових масивів навколо міста.

Апробація роботи. Основні положення роботи було викладено в доповідях на наукових конференціях /Черкаси, 1989; Волгоград, ВНАДЛМІ, 1989; Пушкіно Моск. обл., ВНАДЛМ, 1990; Новочеркаськ, 1990/ та Всесоюзній нараді ґрунтознавців /Врянськ, БЛТІ, 1990/, а також опубліковано в матеріалах трьох наукових конференцій /Київ, 1990; Дніпропетровськ, 1992; Кривий Ріг, 1993/ і Всесоюзної наради /Ленінград, ЛенНДІЛГ, 1990/.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 12 праць. Структура та об'єм дисертації. Робота складається із вступу, шести розділів, висновків і рекомендацій виробництву, списку літератури із 359 найменувань /в тому числі 108 праць зарубіжних авторів/. Основний текст викладено на 162 сторінках, ілюстровано 28 таблицями і 22 малюнками. Додаток на 63 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ I. Аеротехногенне пошкодження лісів як антропогенно-екологічне явище /стан питання/

В останні десятиріччя XX ст. визнано, що в комплексі антропогенних факторів, які негативно впливають на природне середовище, особливе місце за значенням та масштабом дії посідає промислове забруднення атмосфери /Илькун, 1971, 1978; Ковда, 1974; Кулагин, 1974, 1982; Николаевский, 1979, 1983, 1989; Пастернак, 1981; Пастернак и др., 1986, 1989; Ворон, 1983, 1984; Сергейчик, 1984; 1985; Смит, 1985; Василенко и др., 1985, 1991; Трешоу, 1988 та ін./ Спроби знизити забруднення повітря шляхом вдосконалення технологій промислового виробництва поки що мало ефективні /Никитин и др., 1977/.

В результаті великої концентрації промислових підприємств

виникають агломерації¹, в районі яких відмічається розширення зони негативного впливу на природне середовище, в тому числі і на ліси /Кулагин, 1974; Илькун, 1978; Гудериан, 1979; Пастернак и др., 1983, 1986; Ворон, 1983; Армолайтис и др., 1986; Израэль и др., 1987/.

На сьогодні немає однозначно сформульованої причини погіршення стану лісів. Факторів, як правило, декілька, а визначити частку кожного в дії на ліс часто неможливо /Трешоу, 1988; Kranker et al., 1990 /. Це пов'язано з широким спектром опосередкованих та ускладнюючих ефектів /Крамер и др., 1963; Кулагин, 1982; Крэнг, 1974; Zimlithom, 1988; Gärtner, 1980; Ha G., 1989; Ровинский, 1990/.

У літературі частіше всього зустрічаються чотири гіпотези пошкодження лісів: газова дія на асиміляційний апарат; кислотна - на ґрунти; порушення живлення рослин як результат надмірного надходження в ґрунт азоту і гіпотеза напруг, які виникають при сукулійній дії на ліс всіх негативних факторів. Особливо небезпечним для рослин є синергізм негативних факторів: промислового забруднення і несприятливих природних факторів /Илькун, 1971; Гудериан, 1979; Воронин, 1980, 1989; Friedland et al., 1984; Шяпятене, 1985; Армолайтис, 1986; Godt et al., 1988; Du X. et al., 1988; Ha G., 1987/, взаємодія кількох токсикантів між собою і з компонентами атмосфери: $O_3 + NH_4$; $SO_2 + O_3 + NO_2$; $SO_2 + O_3$; $SO_2 + NO_2$ /Полов, 1986; Трешоу, 1986; Kurrer et al., 1988, Saxe, 1989/. Ступінь дії на рослини залежить від комбінації токсикантів та їх агрегатного стану. Більшість дослідників сходяться в тому, що найбільш росповсюдженими та домінуючими в кількісному відношенні є гази SO_2 та NO_x .

Під дією токсикантів відбуваються зміни у всіх елементах зовнішньої і внутрішньої структури рослини, їх хімічному складі та процесах життєдіяльності /Гетко, 1989/. У лісовій екосистемі зміни спостерігаються у всіх її структурних ланках і мають широкий спектр наслідків /Алексеев, 1977; Гудериан, 1979; Николаевский, 1979, 1983; Кулагин, 1982; Ворон, 1983; 1988; Подвалькис, 1984; Смит, 1985; Аугустайтис и др., 1985, 1989; Шяпятене, 1986; Пастернак и др., 1986; Гришина и др., 1989, 1990/. В цілому аеротехногенне забруднення лісової екосистеми веде до зміни кругообігу речовин у системі повітря-ґрунт-вода-рослина, що проявляється у зміні внутрісистемних процесів та в структурно-функціональному стані екосистеми. В результаті

¹ Агломерація як соціально-економіко-екологічний комплекс, що негативно діє на навколишнє природне середовище. Див.: Малашевич Є.В. Краткий словарь-справочник по охране природы. Мн.; Ураджай, 1987. - 223 с.

фізіологічних стресів знижується приріст деревини /Алексеев, 1990; Лиела, 1979, 1980; Ловелиус, 1979; Шпятене, 1985; Зиццев, 1990/, знижується стійкість дерев до шкідників, хвороб та несприятливих факторів середовища /Смит, 1985; Anderson, 1988; Nočevar et al., 1988; Бредли, 1990/.

Питання газостійкості рослин найбільшою мірою вивчені на рівні клітини, тканини та організму /Кулагин, 1974; Илькун, 1971, 1978; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1984; Гетко, 1989/. Газостійкість біогеоценозу вивчена відносно слабо. Стійкість сосни звичайної та її насаджень до аеротехногенного забруднення SO_2 , NO_x , NH_3 розглянута в ряді робіт /Илькун, 1971; Пастернак и др., 1983, 1987; Ворон, 1983; Сергейчик, 1984; Мазепа, 1989; Зиццев, 1990 та ін./ Не вирішеним до кінця залишається питання про вплив на цю властивість вологості повітря, положення дерев в наметі, його зімкнутості. Мало досліджень зміни структури і складу лісових ценозів, недостатньо вивчено механізми взаємозв'язку між забрудненням атмосфери і дією несприятливих факторів на ліс. Слабо вивчена природа стійкості лісових екосистем до промислових викидів. Як правило, в роботах вивчається одна сторона наслідків, або частина екосистеми. Мало досліджень впливу комплексного забруднення лісових екосистем в умовах порушеного режиму ґрунтових вод, рекреаційного навантаження і, особливо, на віддалі від заводів більше 10 км. В таких умовах виявити найбільш вразливі ланки лісової екосистеми можна тільки при комплексній оцінці її стану.

Спроба такої оцінки й була зроблена у цій роботі. При цьому ми виходили з того, що стійкість лісової екосистеми до будь-яких несприятливих факторів середовища обумовлюється дією гомеостатичних механізмів, яка найбільш ефективна при умові, що біоценоз відповідає умовам місцезростання.

Розділ 2. Природно-історичні умови району досліджень

Об'єкти досліджень - лісові масиви ЧП та ЧБ - розташовані на боровій терасі Дніпра, яка колись була островом між двома рукавами річки. Древній правий рукав сьогодні являє собою р.Тясмин. Досліджувані масиви - це азональні ландшафти поліського типу, що проникають на південь по долинах рік. Вони відносяться до другої лісорослинної зони південно-східної частини правобережного Лісостепу України й знаходяться у Лісотеповій лісгосподарській області /Пастернак и др., 1970/. Історичні дані про ЧБ і цей район викладені в роботах /Яновский, 1915; Зеров, 1924; Дриченко и др., 1962; Мякушко, 1978; Антснюк, 1982; Дидух и др., 1987; Рядько и др., 1989/.

Мікроклімат району визначається впливом на атмосферні процеси Кременчуцького водосховища /ВДСХ/ та Мошногірського вряжу. Черкаси розташовані у зниженій місцевості, що сприяє виникненню застійних явищ в атмосфері /Маренко и др., 1990, 1991; Ворончук и др., 1991; Гавриленко и др., 1991/. Більше третини вітрів дують від промагломерациї та з ВДСХ в сторону масивів ЧП та ЧБ. Спостерігаються поодинакня несприятливих метеофакторів⁰ із забрудненням атмосфери промисловими викидами, що може мати синергічний ефект при дії на ліс. В районі досліджень в результаті осушення заплав рік Тясмин, Рось та Ірдинка порушено режим ґрунтових вод, що теж впливає на ріст лісових насаджень.

В цілому ж кліматичні та ґрунтово-гідрологічні умови району цілком сприятливі для росту високопродуктивних простих і складних соснових насаджень. В певній мірі продуктивність сосняків визначається суглинистими та супіщаними прошарками, що залягають у зоні ризосфери. В них затримуються елементи живлення рослин /P, Ca, Mg/, які вимиваються забрудненими опадами з фітоценозу, підстилки та гумусового шару.

Розділ 3. Програма, методика та об'єкти дослідження

3.1. Програма досліджень

На основі вивчення літератури, фондових матеріалів і дослідження об'єктів складено таку програму досліджень:

1. Вивчити характер забруднення атмосфери викидами ЧПА.
2. Встановити значення мікрокліматичних і орографічних умов району дослідження у пошкодженні лісових екосистем.
3. Вивчити ґрунти й рослинні асоціації на предмет ідентичності лісорослинних умов в межах виділених екологічних профілів та відповідності існуючих фітоценозів для даних екоотпів.
4. Встановити вплив атмосферного забруднення на соснові екосистеми по ярусах їх організації.

3.2. Методика досліджень

За основу досліджень взято методи порівняльної екології. Постійні пробні площі /ПП/ закладали згідно загальноприйнятих у лісівництві та лісовій таксації методик /Вороб'єв, 1953, 1967; Ануцин, 1977; ГОСТ 16128-70/. Пошкодженість дерев визначали за модифікованою шкалою категорій стану, викладеною у "Санітарних правилах в лесах СССР" /1970/ з виділенням 6 категорій. Загальний стан деревостану характеризували середньопропорційним індексом стану /I_c/, який є інтегральним результатом сукупності дії всіх факторів. Для порівняльної оцінки пошкодження деревостанів користувались віднос-

ним показником - "середньопропорційним класом Крафта" /СПК/ для кожної категорії стану деревостану. Для визначення СПК дерева кожної категорії стану розділяли за класами Крафта /І-У/. Показник СПК категорії стану відображав локалізацію зони пошкодження у деревному наметі, він менш чутливий до впливу санітарних рубок і рубок догляду, ніж індекс I_c .

Ґрунти вивчали за методиками О.Н.Соколовського /1933/ і Д.В.Воробйова /1967/ з відбором зразків з генетичних горизонтів та їх аналізом /Аринушкина, 1970/. Дощові опади збирали у двохкратній повторності окремо під кронами, у "вікнах" намету та в полі. Під наметом у "вікнах" з допомогою лізіметрів конструкції Е.І.Шилової /1955/ в авторській модифікації вивчали міграцію елементів у профілі ґрунту. Снігові опади збирали похідним снігоміром за методикою І.М.Назарова та ін./1978/. Забруднення снігового покриву розраховували за типовою методикою /Израэль и др., 1987/.

Вплив аеротоксикантів на хвою вивчали в залежності від її віку окремо у верхній та нижній частинах крон. Зразки хвої відбирали у першій декаді вересня, коли вона має найбільш стабільний хімічний склад, але ще не настав період природної дехромації. Модельними були дерева І класу Крафта, які звичайно пошкоджуються аеротоксикантами /Шиятене, 1985, 1986/. Вміст хлорофілу та сірки в хвої визначали спектрофотометричним методом /Мочалова, 1975. Починок, 1976/. Рівень накопичення техногенного азоту виявляли як різницю між вмістом загального та білкового азоту /Лесковский, 1969; Починок, 1976/. Спектральний аналіз зразків хвої, кори та підстилки проводили на фотокалориметрі "Спексл-І" за стандартною методикою. Показники рН і редокс-потенціал ЕН у водній витяжці із хвої визначали універсальним йонометром "ЗВ-74".

Для визначення морфометричних показників крон, хлорозу та некрозу на кожній ПП двох профілів зрізали по три середні моделі. Всі ці показники розраховували як середньопропорційні величини окремо для трьох частин крон: верхньої, середньої та нижньої.

Стан та росповсюдження епіфіта *Nurogustia phaeodes* на стовбурах вивчали на 23-33 модельних деревах кожної ПП з врахуванням рельєфу та експозиції схилу. Трав'яний покрив вивчали за методикою Л.П.Рисіної, Н.Ф.Зотової /1968/, "обиліе" - за Г.М.Висоцьким, проєктивне покриття, висоту, життєвість - за Воробйовим /1967/, екологічні морфи виділяли за А.Д.Вельгардом /1950/ та Д.В.Воробйовим /1967/.

Вплив клімату на ріст дерев вивчали методами дендрокліматології /Шиятов, 1986/. Датування екстремальних екологічних ситуацій прово-

дили дендрохронологічними методами /Ловелиус, 1979/. Шляхом поєднання цих методичних підходів проведено ретроспективний аналіз динаміки пошкодження лісових екосистем, при якому на фоні природних флуктуацій виділено вплив забруднення повітря на зниження радіального приросту дерев. Ця робота була проведена у розрізі ценоосередку деревостану або біогрупи дерев /Бузькин и др., 1985/ окремо за групами дерев по Крафту. Бурові зразки деревини в біогрупах брали на висоті 1,3 м з 4 сторін /Пн, С, Пд, З/, виходило по 60-124 дендрохронологічних рядів на кожній ПП.

Асортимент газостійких деревних видів формували за матеріалами оцінки стану міських декоративних насаджень та захисних лісо-смуг вздовж залізничних та автодоріг.

3.3. Об'єкти дослідження

Для вивчення було вибрано середньовікові чисті соснові насадження, які ростуть у свіжих суборах, що переважають в масивах ЧП і ЧБ. В масиві ЧБ вони є перехідними до складних суборів.

Було закладено три екологічних профілі /ЕП/ по трансектах через пошкоджені насадження у напрямках від імісіударних узлісь /від промагломерації/ вглиб лісу: два - в ЧБ і один - в ЧП. Напрямок та довжина ЕП визначались формою та розмірами лісових масивів, направленням переважаючих вітрів і вітрів-бризів, а також розповсюдженням суборових місцезростань. Як контроль було використано ідентичні насадження в таких самих типах лісу, що віддалені від промагломерації на 19, 40 і 47 км. Оскільки весь масив ЧБ знаходиться у зоні впливу аеротоксикантів, то їх дія на ліс визначалась в порівнянні з більш віддаленими насадженнями. ЕП, та методом оцінки приросту дерев окремо за групами по Крафту і порівняннями верхньої та середньої висот деревостанів.

Розділ 4. Забруднення природного середовища викидами Черкаської промислової агломерації /ЧПА/ та зв'язані з ним зміни в лісових ґрунтах

Проблема техногенного забруднення повітря у Черкасах виникла в останні десятиліття. В 1989 р. було визнано, що Черкаси входять до складу 15 найбільш екологічно несприятливих міст колишнього СРСР /"Труд" від 15.07.89/.

Формування ЧПА почалось в кінці 40-х рр. /ВО "Хімреактив" - 1949 р./ . До середини 60-х рр. у склад ЧПА ввійшли ВО "Хімволокно" і ТЕЦ /1961 р./, ВО "Азот" /1965р./ та ряд інших виробництв. За статистичними даними, сумарний викид шкідливих речовин в атмосферу підприємствами Черкас у 1988 р. складає 54,3 тис.т, у тому числі

ВО "Азот", ВО "Хімволокно" і ТЕЦ викидали у повітря 35 тис.т / SO_2 35-39 %, NO_x 8-10 %, NH_3 5-7 %, сірковуглецю 5-6 %, пилу 18-20 %/. ТЕЦ є основним джерелом забруднення атмосфери SO_2 /100 %/ і NO_x /74%/. Більше половини всіх азотмісних інгредієнтів викидає ВО "Азот".

В період 1975-85 рр. концентрації у повітрі NO_2 та суміші газів $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$ щорічно перевищували ГДК. Забруднення повітря аміаком вище ГДК і 5ГДК спостерігалось в період 1980-85 рр.. В наступні роки рівень забруднення повітря істотно не змінився. За даними Черкаської міськСЕС /1987 р./, в радіусі до 7 км від ЧПА серед забруднювачів повітря домінує аміак, де його концентрації часто перевищують ГДК в 1-5 разів. Значно далі відносяться кислі гази SO_2 та NO_2 .

За нашими даними, рівень піддуговування дощової води в зоні ЧБ /13 км від ЧПА/ може сягати $\text{pH}=8,0$ і знижується з віддаленням від міста. Тільки на відстані 40 км від ЧПА реакція опадів є нормальна. В опадах, що проходять крізь крони дерев, мінералізація води в 1,6 раза перевищує контрольні значення, а в опадах, які випадають у "вікнах" між деревами, вміст йонів підвищувався з наближенням до промагломерації: K^+ в 40 раз, HCO_3^- в 20, Ca^{2+} і SO_4^{2-} в 4,5, Cl^- в 3 рази. Взимку більше осідає поллютантів в старших і зрідженних насадженнях ЧБ на галявинах та перед узліссям.

Дія забруднених опадів на лісову екосистему проявляється на підсистемах: в деревостані, лісовій підстилці та ґрунті. При проходженні дощових опадів крізь деревний намет знижується їх лужність. При цьому частина інгредієнтів затримується деревостаном, а токсиканти, які пройшли крізь нього, хімічно зв'язуються, вимиваючи з рослинних тканин кальцій, магній та натрій. Таким чином техногенна дія на ґрунт під наметом лісу дещо знижується.

В результаті хронічного надходження поллютантів у лісові екосистеми ЧБ і ЧП відбуваються істотні зміни у накопиченні та кругообігу елементів живлення у системі рослина-ґрунт. Із лісової підстилки забруднені низхідні потоки виносять не тільки рухомі кальцій /45 %/ та магній /65 %/, але й поглинуті основи /40 %/, а також фосфор / P_2O_5 - 16-42 %/ та калій / K_2O - 22-40 %/. Аліміній - навпаки - накопичується. Із гумусового горизонту вимиваються рухомі кальцій, магній, калій /20-33 %/, а також поглинені кальцій та магній /60 %/, більше в ЧБ, ніж в ЧП. Відбувається накопичення в ґрунті поглиненого калію, особливо в бідніших умовах ЧП, а в ґрунтах ЧБ - поглиненого натрію. Основні елементи живлення /НПК/, що вимиваються з лісової підстилки, на деякий час затримуються в гумусовому горизонті. Однак, при рясних опадах /чи таненні снігу/ ці елементи з

гумусового горизонту вимиваються низхідним током в нижчі шари профілю, частково затримуючись в ущільнених суглинистих та супіщаних прошарках. В результаті цих процесів вміст гумусу зникає на 30%.

Про порушення міграції азоту у блоці кругообігу рослина-грунт в ЧБ свідчить вимивання цього елемента /особливо рухомих форм/ із гумусового шару, а також зниження інтенсивності розкладу рослинних залишків. Останнє проявляється у зниженні інтенсивності гідролізу азоту: до легкогідролізованого - на 27-37 %, до середньо- та важкогідролізованих форм - відповідно на 37-74 та 3-64 %. Розглянуті зміни в кругообігу азоту відмічаються по всій зоні пошкоджених насаджень ЧБ, однак вони збільшуються в міру наближення до імісіюданого узлісся і найбільш виражені в приузлісній смузі шириною 3 км.

Розділ 5. Накопичення забруднюючих речовин та деякі фізіологічно-біохімічні зміни в хвої сосни звичайної

Соснові насадження ЧБ й ЧП є фільтром на шляху розповсюдження забруднювачів повітря. Мінералізація розчину, який отримано при змиві із хвої нижньої частини крон в обох масивах, на 4-17 % більша, ніж у верхній частині. Більше забруднюється масив ЧБ, який ближче, ніж ЧП, розміщений до промислової зони міста. Лужність змивного розчину, отриманого з нижньої частини крон, в ЧБ й ЧП нижча на 0,3-0,5 од. рН порівняно з даними по верху крон, що свідчить про часткову нейтралізацію деревостаном лужних атмосферних осадків на крони за рахунок вимивання з тканин біоелементів, головним чином Са і Mg. Другим наслідком повітряного забруднення є накопичення у хвої техногенних сірки та азоту.

Вилугування елементів із тканин та накопичення в хвої техногенних речовин ведуть в масивах ЧП та ЧБ до порушення балансу елементів у статусі живлення сосни, що проявляється в зниженні вмісту в хвої та підстилці мікро- та макроелементів. Збіднення біоелементами хвої прогресує з її віком та в міру підвищення техногенного навантаження: в ЧП вміст фосфору знизився на 40, калію - на 16, натрію - на 13, магнію та кальцію - на 8 процентів; в ЧБ вміст Na, Mg, K, Ca знизився відповідно на 36, 32, 26 та 10 процентів /10-16км від промагломератії/. Однак зольність підстилки тут тільки на 18 % нижча за контрольну. В той час як в ЧП вона понижується на 30 %.

У сосни в масивах ЧП і ЧБ техногенне порушення внутрішньоклітинного метаболізму проявляється у зміні таких інтегральних показників, як рН та редокс-потенціал ЕН клітинного соку хвої. В зоні розповсюдження токсичних похідних аміаку /порядку 20 км/ відбувається підвищення рН внутрішньоклітинного соку хвої верхньої частини

крон. Величина зміни даного показника зростає зі збільшенням техногенного навантаження. Порушення більш виражене у хвої I і 2 року: в ЧПІ лужність збільшується на 0,7, а в ЧБ - на 1,2 од. рН. Редокс-потенціал за три роки життя хвої відповідно зникається: в ЧПІ в 1,8, в ЧБ в 3,9 рази. Старші, більш ослаблені, зріжені деревостани ЧБ демонструють більшу схильність до піддугуючої дії полютантів, що може бути пов'язано із зниженням їх загальної стійкості.

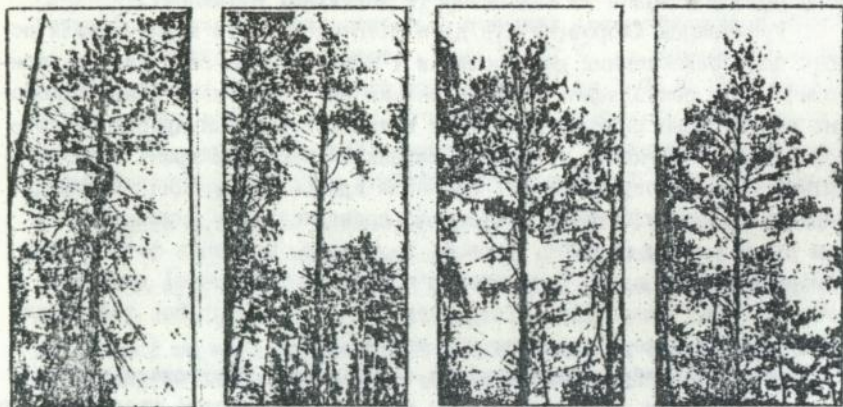
Руйнування хлорофілу під дією фітотоксикантів відмічається по всій зоні ослаблених деревостанів і поза нею, що свідчить про приховану фазу пошкодження хвої за межами виділених нами зон. Техногенне пригнічення синтезу хлорофілу веде до порушення природних пропорцій цього пігменту у верхній та нижній частинах крон, а також змінює його вікову динаміку. Сильніше процес руйнування хлорофілу виражено у верхній частині крон, що проявляється у зниженні з віком рівня вмісту пігменту в хвої. Це веде до зниження фотосинтезу в міру старіння хвої. Порівняно з пригніченням вікової динаміки вмісту в хвої хлорофілу, більш яскраво виражений процес порушення пропорції "низ/верх" крон за цим показником.

В умовах забруднення повітря сосна здатна регулювати вікову динаміку синтезу хлорофілу шляхом зміни інтенсивності утворення хлоропластів у світловій та тіншовій хвої. Інтенсивність синтезу цього пігменту при відновленні сосною порушеного природного балансу "низ/верх" крони залежить від цієї порушеності, забруднення атмосфери та умов, які необхідні для цього відновлення: світлового та кореневого забезпечення. Чим інтенсивніша була дія фітотоксикантів і багатші умови росту, тим сильнішим був опір сосни деструкційним процесам у хвої. Поряд з віддаленням від джерела емісії рівень пошкодження хлорофілу може визначатись також зімкнутістю деревного намету та мезорельєфом місцевості.

Розділ. 6. Стан соснових фітоценозів в зоні забруднення атмосфери викидами промагломератії

В соснових насадженнях, які вивчаються, яскраво виражений хронічний тип висихання дерев. Ступінь пошкодження дерев промисловими викидами найбільш об'єктивно відображають показники, які пов'язані з процесом опадів хвої: тривалість життя хвої, густина охвоєння 2-3-річних пагонів, пошкодженість хвої хлорозом та некрозом. В зоні інтенсивного впливу аеротоксикантів /до 8 км в ЧПІ та до 10 км в ЧБ відносно промагломератії/ у верхній частині крон дерев з віком хвої розширюється зона ураження голок хлорозом і некрозом, тобто висихання хвої постійно прогресує. В міру опускання вниз по кронах

дерев пошкодження голок знижується. У насадженнях ЧПІ в нижній частині крон некроз проявляється тільки в хвої третього року. Хвоя в ЧБ в 1,5-2 рази сильніше пошкоджена, ніж в масиві ЧПІ. Хлороз тут починається вже в однорічній хвої. Основну дію аеротоксикантів приймають на себе узлісся лісових масивів ЧПІ та ЧБ. Пошкодження крон дерев знижується в міру заглиблення в середину масивів /мал. 1/.



A=	10	11,5	16	19
B=	70	71	50	62
X=	50	40	30	15
K=	III, I	II, B	II, B	II, 0

Мал. 1. Пошкодження техногенними емісіями середньовікових дерево-станів Черкаського бору в зв'язку з віддаленням від промагломерації на прикладі модельних дерев: А - віддаль від ЧПА, км; В - вік деревостану, років; Х - осипалось хвої, %; К - категорія стану дерева.

Передчасний опад хвої зменшує асиміляційну поверхню крон, що веде до зниження життєздатності і зменшення приросту біомаси дерев. Охвоєння та лінійна довжина 1-3-річних пагонів у верхній частині крон помітно знижуються з наближенням до промагломерації. З опусканням вниз по кронах різниця в значеннях цих показників зникає.

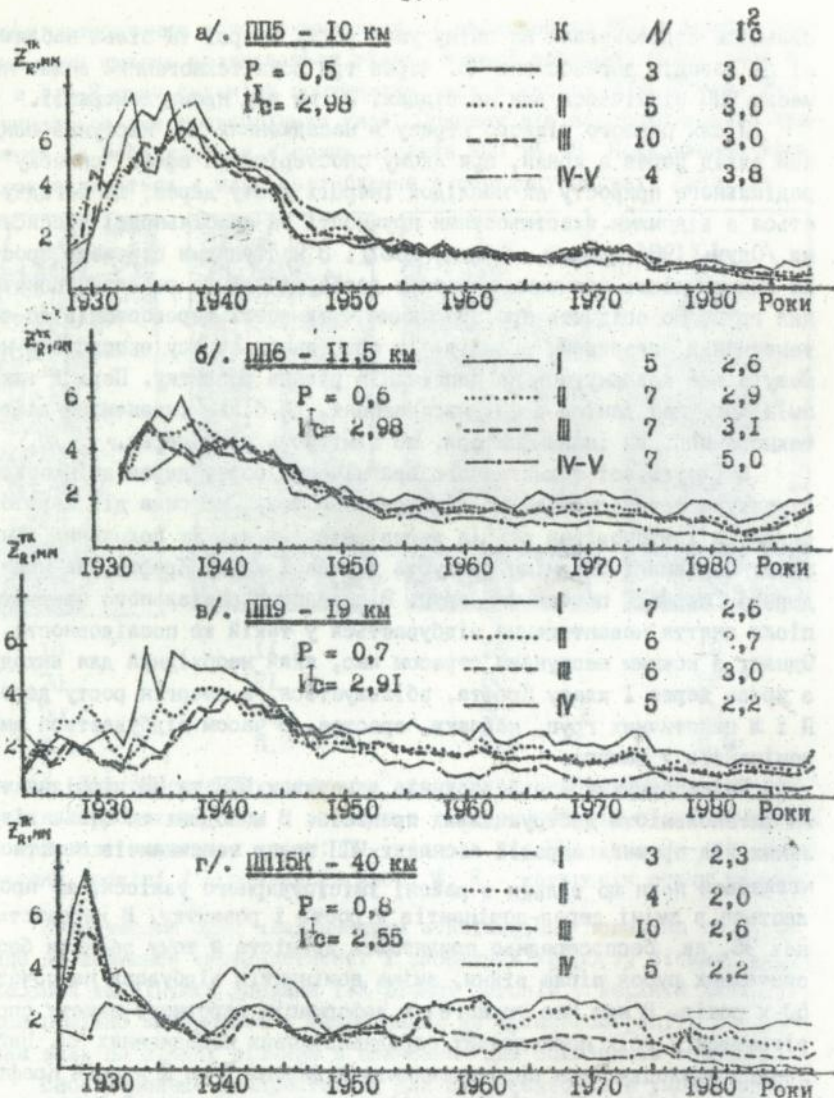
Евесь комплекс несприятливих для лісу факторів в умовах аеротехногенного забруднення краще проявляється на біогрупі дерев, ніж на окремих деревах /Динис, 1989/. За дендрохронологічними даними, зібраними в біогрупах дерев, ріст насаджень ЧБ та ЧПІ почав гальмуватись відповідно в період середини 50-х - початку 60-х років, тобто з появою в цьому районі промагломерації та водосховища. Першими і

сильніше відреагували на зміну умов росту старші та більш наближені до заводів деревостани ЧБ. Через три роки техногенний вплив на масив ЧП відмічався вже на віддалі 32 км від промагломерації.

Після першого різкого стресу в насадженнях ЧП наступив швидкий вихід дерев з кризи, при якому спостерігався ефект "сплеску" радіального приросту як наслідок інерції росту дерев, що погоджується з відомими властивостями пружності та стабільності екосистеми /Одум, 1986, Vosseel et all., 1987/. З наступними стресами зростала синхронність коливань приросту дерев різних по розвитку ценотичних груп, що свідчить про зростання чутливості деревостанів до систематичних негативних впливів. Із зростанням стресу екосистеми не можуть вже повернутись на попередній рівень розвитку. Період таких змін настає раніше в тих насадженнях, де більш інтенсивно діють техногенний, чи інші фактори, що лімітують ріст дерев.

В результаті техногенного пригнічення росту дерев змінюється структура деревостанів. Це відбувається тому, що сила дії аеротоксикантів і відповідна реакція дерев залежать від їх положення в наметі. Першими і сильніше реагують дерева I класу Крафта, за ними дерева "нижчих" ценотичних груп. Відновлення радіального приросту після зняття навантаження відбувається у такій же послідовності. Однак, з кожним наступним стресом час, який необхідний для виходу з кризи дерев I класу Крафта, збільшується, а енергія росту дерев II і III ценотичних груп, навпаки, зростає. З часом відбувається зміна домінантів у наметі.

Зміна структури деревостанів в масивах ЧП та ЧБ відрізняється за інтенсивністю деструкційних процесів. В молодших та більш віддалених від промагломерації сосняках ЧП вплив токсикантів помітно виявляється поки що тільки в районі імісіударного уалісся, що проявляється в зміні дерев-домінантів у рості і розвитку. В деревостанах ЧБ, як. безпосередньо прилягають до міста й тому зазнали безсистемних рубок після війни, зміна домінантів відбулась на початку 50-х років. В наш час техногенна деформація деревного намету спостерігається у всіх пошкоджених середньовікових насадженнях ЧБ. Найсильніше пошкоджуються аеротоксикантами дерева I та II класів Крафта, які мають висоту більшу середньої висоти деревостану й складають верхню крайку лісу. Тому в результаті санітарної вирубки дерев з наближенням до ЧП на цьому етапі збільшується розрив між середньою і верхньою висотами деревостанів. При цьому швидше зменшується кількість дерев I класу Крафта. Група дерев II класу Крафта поповнюється за рахунок дерев III класу, ріст яких збільшується при розрідженні



Мал. 2. Дія аеротехногенного забруднення лісових екосистем Черкаського бору на ріст дерев у товщину в залежності від їх положення у деревному наметі. Характеристика деревостанів: P - повнота, I_C^1 - індекс стану. Характеристика біогруп дерев: K - клас Крафта, N - кількість дерев, I_C^2 - індекс стану групи дерев за Крафтом

намету. З накопиченням токсичної дози починає діяти природний відбір дерев за стійкістю до аеротоксикантів. З віком відбувається вирівнювання дерев різних ценотичних груп за висотою, а також розширюється вертикальна зона деревного намету за рахунок найбільш стійких дерев, що залишаються рости й розвивають потужні крони /мал. 2/.

Деградація соснових деревостанів ЧБ викликала необхідність проведення систематичних інтенсивних санітарних рубок, особливо в період 1975-86 рр., коли забруднення повітря перевищувало норми /ГДМ і 5ГДЖ/, які встановлені для основних азот- та сірководневих фітотоксикантів. За період з 1988 по 1990 рр. площа пошкоджених насаджень сосни збільшилась в 2,5 рази. Доля сильно ослаблених деревостанів складає вже 1/3 проти 13,8 % на початок цього періоду. В міру старіння насаджень стан їх погіршується. Навіть в середині масиву ЧБ повнота деревостанів у віці зрілості знижується до 0,4-0,5. За даними 1991 року, північна частина масиву ЧБ "Соснівка" - це сильно ослаблені деревостани з середнім ступенем пошкодження. 85 % пошкоджених насаджень - це деревостани віком більше 60 років. Особливо швидко деградує насадження в районі узлісь ЧБ, які повернуті до міста, промагломерації і водосховища. Тут спостерігається збільшення величини фітомаси трав'яного покриву, відбувається інвазія нітрофільних, рудеральних і світлолюбивих видів, які витісняють лісові рослини. Зустрічаються вогнища кореневої губки сосни.

В цілому площа пошкоджених насаджень ЧБ у 1990 р. складала 14,6 тис.га або 51 % загальної площі масиву. Площа насаджень з погіршеним станом по обох масивах ЧПП і ЧБ перевищила 19,8 тис.га.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА

1. Встановлено, що протягом останніх двох віків флористичний склад і структура рослинних асоціацій Черкаського бору і Чигиринського масиву визначались головним чином впливом антропогенного екологічного фактора. В результаті цього на даний час в більшій частині субборових місцезростань Черкаського бору природні складні лісові насадження трансформовані в чисті сосняки, які менш стійкі до несприятливих факторів середовища, особливо до аеротехногенного забруднення. В радіусі до 20-30 км від промагломерації соснові насадження обох масивів, що старші 50-60 років, мають зовнішні ознаки ослаблення.

2. В складі викидів Черкаської промагломерації наявні такі фітотоксиканти, як SO_2 , NO_x , NH_3 , але в радіусі до 40 км від заводів спостерігається лужний вплив на навколишнє середовище. Соснові насадження Чигиринського і Черкаського масивів є фільтром на шляху розповсюдження забруднювачів повітря. Інтенсивніше забруднюється Чер-

каський бір, який розміщений ближче до промагломерації. При цьому техногенні речовини накопичуються в нижній частині крон дерев. Доцільними опадами із деревного намету вимиваються такі біоелементи, як магній і калій.

3. В результаті негативних екологічних дій хімічно агресивних опадів із підстилки виносяться не тільки водорозчинні кальцій /45%/ і магній /65%/, але й їх обмінні форми /40%/. Фосфор P_2O_5 - 16-42%/ і калій K_2O - 22-40%/, що видуговуються із підстилки, частково затримуються у гумусовому горизонті. Із гумусового горизонту вимиваються водорозчинні кальцій, магній і калій /20-33%/, а також обмінні кальцій і магній /50%/. В удільнених прошарках в зоні ризосфери накопичуються P, Ca, Mg. В Черкаському борі спостерігається зниження вмісту гумусу на 30%.

4. Техногенне збіднення ґрунтів Черкаського бору азотом зв'язане з вимиванням з гумусового горизонту азотних сполук, а також з порушенням процесу розкладу рослинного опалу, що проявляється в зменшенні інтенсивності гідролізу азоту: до форм, що легко гідролізуються; - на 27-37 %, до форм, що середньо і важко гідролізуються, відповідно на 37-74 % і 2-64 %.

Видуговування біоелементів із крони, підстилки і ґрунту - з одного боку та накопичення в хвої техногенних сірки і азоту - з другого - призводять до порушення процесу живлення сосни, що проявляється в зменшенні вмісту в хвої, корі і підстилці таких елементів, як Na, Mg, Ca, K, P.

5. Порушення внутрішньоклітинного метаболізму сосни проявляється в піддуговуванні клітинного соку та в зміні редокс-потенціалу E_h в 1- і 2-річній хвої верхньої частини крон.

Техногенне пригнічення синтезу хлорофілу веде до порушення природних пропорцій його вмісту у верхній і нижній частинах крони. З віком хвої інтенсивніше знижується концентрація пігменту у верхній частині крони. Реакція сосни являє собою зміну інтенсивності створення хлоропластів у світловій і тіншовій хвої і залежить від величини диспропорції "верх/низ", світлового і кореневого забезпечення.

6. Встановлено, що критеріями хронічного ураження сосни промисловими викидами є: тривалість життя хвої, густина охоплення 2-3-річних пагонів, пошкодженість хвої хлорозом і некрозом, лінійний приріст пагонів. Сильніше пошкоджується верхня частина крон дерев, особливо у насадженнях, що наближені до водосховища і до міста.

7. В результаті техногенного пригнічення росту сосни змінюється структура її деревостанів. Ступінь впливу емісій і реакція на це де-

рав залежать від їх полсження в наметі. Перш ми і сильніше реагують зниженням радіального приросту дерева I класу Крафта. При виході з кризи спостерігається ефект "сплеску" радіального приросту. З кожним наступним стресом затягуються відновлення росту цих дерев. Енергія росту дерев II та III класів у цих умовах, навпаки, зростає, що веде до зміни домінантів у наметі.

8. В цілому хронічне порушення розвитку лісових екосистем під екологічним впливом аеротехногенного забруднення проявляється в зменшенні кількості біомаси, в першу чергу кількості хвої, маси крони і стовбурової деревини. Адаптація лісових екосистем до умов середовища, що змінюються, реалізується шляхом спрощення структури деревного яруса. При хронічному забрудненні чисті соснові деревостани поступово відмирають. Їх розрушення довершують вогнища кореневої губки. Простір, що звільнюється при цьому, займають більш лабільні і пластичні трав'яні ценози нелісових типів. Всі ці явища більше виражені у Черкаському борі, який ближче розташований до промагломератії, ніж Чигиринський масив.

9. В зв'язку з тим, що стійкість лісових екосистем визначається в першу чергу відповідністю фітоценоза екотопу, в зоні екологічного впливу емісій Черкаської промагломератії необхідно відновити корінні типи насаджень, в складі яких був дуб черешчатий та інші листяні види, оскільки вони стійкіші до забруднення повітря порівняно з сосною звичайною.

На основі результатів проведених досліджень складено рекомендації для підвищення стійкості лісових екосистем Черкаського бору до аеротехногенного забруднення. Запропоновано еколого-лісівничі технології створення стійких до забруднення лісових культур з врахуванням специфіки ґрунтових умов.

Список робіт, опублікованих за матеріалами дисертації

1. Лесные насаждения в условиях аеротехногенного загрязнения атмосферы // Экологические основы охраны и воспроизводства лесных ресурсов Молдавии: Тез. докл. респ. науч.-практ. конф. - Кишинев, 1989. - С. 43 /у співавторстві/

2. Промышленные выбросы в атмосферу как источник загрязнения почв и лесов // Агроекологическая обстановка на сельскохозяйственных угодьях Украинской ССР и пути снижения их загрязнения токсическими веществами: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. - Черкассы, 1989. - С. 30 /у співавторстві/.

3. Загрязнение атмосферного воздуха, лесов и почв правобережья

Днепра фитотоксикантами на примере Черкасской промышленной агломерации // Тез. докл. ХУП науч.-метод. конф. молодых ученых и аспирантов. - Волгоград, ВНИАЛМИ, 1990.

4. Изменение лесорастительных свойств почв в связи с аэротехногенным загрязнением внешней среды // Лесорастительные свойства и антропогенная динамика лесных почв: Тез. докл. Всес. совещ. - Брянск, 1990. - С. 66 /у співавторстві/.

5. Черкасская промышленная агломерация - источник загрязнения природной среды // Совершенствование научного обеспечения лесохозяйственного производства: Тез. докл. Всес. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и специалистов отрасли. - Пушкино, 1990. - С. 129

6. О рекреационном использовании лесов в районе аэротехногенного загрязнения внешней среды // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования: Тез. докл. Всес. совещ. - Ленинград, 1990. - С. 62 /у співавторстві/.

7. Экосистемный подход в изучении лесных насаждений, подверженных антропогенной нагрузке // Вклад молодых ученых и специалистов в решение комплексных проблем мелиорации Дона: Тез. докл. науч.-практ. конф. - Новочеркасск, 1990. - С. 44.

8. Структурно-функциональная организация лесных экосистем УССР в условиях аэротехногенного загрязнения внешней среды // Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития: Тез. докл. респ. науч. конф. - К.: Наук. думка, 1990. - С. 136-137 /у співавторстві/.

9. Лісові насадження в районі аеротехногенного забруднення навколишнього середовища викидами промагломерації // Лісівництво і агролісомеліорація. - К.: Урожай, 1991. - Вип. 82. - С. 39-43 /у співав/

10. Детоксицирующая роль сосновых насаждений Черкасского бора // Экологические проблемы аграрного производства. Симпозиум I. Биологические и горнотехнические проблемы рекультивации нарушенных земель и повышение их продуктивности: Тез. докл. межрег. науч.-практ. конф. - Днепропетровск, 1992. - С. 153 /у співавторстві/.

11. Зміни лісових екосистем під впливом аеротехногенного забруднення // Промышленная ботаника: Состояние и перспективы развития: Тез. докл. междунар. науч. конф. - Кривой Рог, 1993. - С. 129 /у співавторстві/.

12. Зміни в лісових ґрунтах в результаті забруднення атмосфери викидами Черкаської промагломерації // Лісівництво і агролісомеліорація. - К.: Урожай, 1994. - Вип. 88. - С. /у співавтор./.

Підпибано до друк. 10.03.94. Формат 60x84 1/16.
Умно-друк. арк. 1,0: Учбово-видав. арк. 1,0. Заказ 318.
Тираж 100.

Мілянка оперативного друку Харківського ДАУ. 312191, ХДАУ.
Учбове містечко.

AB29.00

AB 29.770