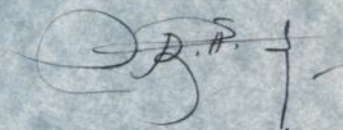


Дніпропетровський державний університет

СТЕФУРАК Василь Петрович



УДК 631.46+576.8.093.61+582.282.91.03.01

**БІОЛОГІЧНА ІНДИКАЦІЯ СТАНУ НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ
УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ І ПРИКАРПАТТЯ
В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ**

03.00.16-екологія

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

Дніпропетровськ - 1997



АВ 39.078

науково-дослідному інституті
гірського лісівництва Мінлісгоспу України та Івано-Франківській
державній медичній академії МОЗ України.

Наукові консультанти:

доктор сільськогосподарських наук, професор **Пастернак Петро Степанович**,

УкрНДІЛГА, директор;

доктор біологічних наук **Парпан Василь Іванович**,

УкрНДІГірліс, директор.

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук, професор **Цветкова Ніна Миколаївна**,
ДДУ, професор кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології;

доктор біологічних наук, професор **Головко Ераст Анатолійович**,
ЦБС НАН України, зав. відділу алелопатії;

доктор біологічних наук **Чорнобай Юрій Миколайович**,

Державний природознавчий музей НАН України, директор.

Провідна установа:

Інститут екології Карпат НАН України, відділ екосистемології, м.Львів

Захист дисертації відбудеться 24 грудня 1997 р.
о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04
із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора
біологічних наук при Дніпропетровському державному університеті
за адресою:

320625, МСП, м.Дніпропетровськ-10, пров.Науковий, 13,
держуніверситет, Біолого-медичний інститут, біолого-екологічне
відділення, корпус 17, ауд.611.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського державного університету (320625, МСП, м.Дніпропетровськ-10, пров. Науковий, 13).

Автореферат розісланий 18 листопада 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради **Дубіна А.А.**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Врегулювання взаємовідносин людини з довкіллям, посилення контролю за його станом, раціональне використання та охорона природних ресурсів - важливі проблеми, що стоять перед сучасною наукою. Забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України... є обов'язком держави (Конституція України, ст.16, 1996). У зв'язку з цим особливої актуальності набувають дослідження з екологічного моніторингу і біологічної індикації, оцінки та прогнозу можливих змін стану природного середовища внаслідок антропогенної дії.

Мікробні ценози, як істотний компонент екосистем, виконують важливу біоіндикаційну функцію та стабілізаційну роль. Будучи редуцентами, мікроорганізми зумовлюють ряд біохімічних процесів і стають важливими учасниками перетворення різноманітних органічних і мінеральних речовин у ґрунті. Займаючи ключові позиції у головних біохімічних циклах, мікроорганізми забезпечують до певної міри їх замкнутість і сприяють поверненню речовин у біотичний кругообіг (Вернадський, 1978; Голубець, 1997).

Враховуючи важливу роль мікробного компонента в метаболізмі екосистем, ценози ґрунтових мікроорганізмів та процеси, які вони зумовлюють, вибрані нами як біологічні індикатори зміни природного середовища.

Хоч багато дослідників спрямовують увагу на унікальну функціональну стабільність мікробних ценозів (Звягинцев, Гузев, Левин, 1986; Андреюк, Валагурова, 1992; Евдокимова, 1995 та ін.), мало хто з них виявляв межі їх стійкості (Никитина, 1987). Це й визначило необхідність проведення спостережень у плані еколого-мікробіологічного моніторингу, в якому можна виділити два аспекти: перший - виявлення наслідків антропогенної дії на мікробний компонент екосистем; другий - біотестування природного середовища за мікробіологічними показниками.

Негативні явища в природних екосистемах Карпатського регіону в результаті виробничої діяльності за останні десятиріччя стали більш очевидними та небезпечними за своїми наслідками. Ситуація, що склалася, вимагає розробки теоретичних та методичних принципів біоіндикації стану природного середовища.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалася в межах планових тем лабораторії ґрунтознавства і мікробіології Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва (№№ держреєстрації 770053085 (ХД-

05-1211-74) (1974-1978 р.р.), 76063226 (1976-1978 р.р.), 81103722 (1981-1985 р.р.), 01880048214(1986-1990 р.р.).

Від 1984 до 1993 року робота продовжувалась у межах планових тем кафедри біології Івано-Франківської державної медичної академії (№№ держреєстрації 018601316017 (1986-1990 р.р.), ПТ.35.00.005 (1991-1992 р.р.).

Мета роботи. На основі встановлення закономірностей організації, функціонування та зміни ґрунтових мікробних ценозів за різних форм антропогенного впливу сформувані концепцію еколого-мікробіологічного моніторингу, ґрунтуючись на якій, розробити і обґрунтувати теоретичні та методичні принципи біоіндикації стану наземних екосистем (на прикладі екосистем Українських Карпат і Прикарпаття).

Основні завдання дослідження:

1. Розробити й обґрунтувати теоретичні засади біоіндикаційної ролі мікробного компонента під час оцінки стану наземних екосистем.

2. Визначити особливості структурно-функціональної організації ґрунтових мікробних ценозів у природних екосистемах Українських Карпат і Прикарпаття.

3. Встановити характер взаємозв'язків основних екологічно-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів з факторами природного середовища та діапазон їх природної мінливості.

4. Виявити реакції мікробних популяцій на різні форми антропогенного впливу (АВ) в процесі природокористування.

5. Дослідити вплив аеротехногенного забруднення (АЗ) на окремі компоненти лісових біогеоценозів і провести пошук найбільш інформативних та чутливих мікробіологічних тестів на техногенне навантаження (ТН).

6. Розробити принципову схему еколого-мікробіологічного моніторингу та сформувані систему індикаційних показників, придатну для оцінки стану наземних екосистем в умовах аеротехногенного забруднення.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше теоретично обґрунтована біоіндикаційна роль мікробного компонента ґрунту стосовно стану наземних екосистем.

Вперше для Карпатського регіону визначені структурно-функціональні параметри мікробного компонента в ґрунтах лісових біогеоценозів і встановлені кількісні та якісні залежності його від особливостей екосистем. Розроблені регіональні принципи екологічної концепції ролі лісових фітоценозів у формуванні та функ-

ціонуванні мікробних ценозів. Отримано нові відомості про межі природної мінливості мікробного компонента в лісових екосистемах. Мірою природної мінливості мікроорганізмів запропоновано використовувати амплітуду коливань як одну з важливих реакцій мікробних ценозів на зміну природного середовища.

Створена цілісна система принципів організації мікробного ценозу в ґрунтах природних і порушених екосистем, розкритий й обґрунтований механізм впливу аеротехногенного забруднення на чисельність, склад і функціонування ґрунтових мікроорганізмів, направленість та інтенсивність мікробіологічних процесів, виявлені найбільш інформативні і чутливі тести на антропогенну дію.

Вперше запропоновано комплексну схему вивчення техногенного впливу на ґрунтові мікробценози як тактичну основу організації спостережень у зонах потужного антропогенного пресу. Сформована концепція еколого-мікробіологічного підходу до охорони ґрунтів від хімічного забруднення.

Створено систему оцінки мікробіологічних реакцій на техногенний вплив шляхом їх порівняння з діапазонами природної варіабельності. Для визначення стану довкілля складено схему мікробіологічних показників.

Вперше розроблені комплексні методичні прийоми біоіндикації стану наземних екосистем у зонах дії викидів хімічних підприємств за оцінкою стану ценозів ґрунтових мікроорганізмів, окремих груп ґрунтової мезофауни та членистоногих, сформульовано наукові засади попередження шкідливого впливу аеротехногенного забруднення на природне середовище та організм людини.

Практичне значення отриманих результатів. Результати вивчення структурно-функціональних особливостей організації ґрунтових мікробценозів у природних та антропогенно порушених екосистемах Українських Карпат і Прикарпаття використані виробничим об'єднанням "Прикарпатліс" для оцінки ступеня антропогенного впливу на лісові фітоценози. За результатами досліджень складені методичні рекомендації "Использование биологической активности почв для определения загрязнения их выбросами предприятий химической промышленности" (1990) та виданий інформаційний лист (1989), які передані республіканському Центру вивчення забруднення природного середовища та контролю за ним і впроваджені в систему моніторингу в зонах дії підприємств хімічної промисловості переважно більшістю обласних санітарно-епідеміологічних станцій України, а також Івано-Франківським

і Чернівецьким обласними комітетами охорони природи, Карпатським інженерно-екологічним центром тощо. Регіон Українських Карпат у даному випадку є показовою моделлю спостереження, висновки якого доцільно поширити і на інші території.

Висновки роботи про тенденції зниження біологічної активності ґрунтів у зонах промислового забруднення впроваджені в практику сільського господарства Івано-Франківської, Львівської та ряду інших областей як спосіб виявлення зон шкідливого впливу викидів хімічних підприємств на довкілля та з метою раціонального використання земель у разі аеротехногенного забруднення.

Результати дослідження знайшли практичне застосування в процесі складання та виконання тематичних планів НДР в Інституті екології Карпат НАН України, Науково-дослідному інституті сільського господарства нечорноземної зони України, Українському науково-дослідному інституті гірського лісівництва, Карпатському державному національному парку, а також в Івано-Франківських обласних виробничих об'єднаннях "Еліта" та "Сільгоспхімія".

Матеріали дисертації включені до спецкурсів з екології, охорони природи і впроваджені в навчальний процес багатьма вищими навчальними закладами України, Росії та інших країн СНД. Усі впровадження підтверджені документально.

Основні положення, які виносяться на захист:

1. Структурно-функціональна організація ґрунтових мікробних ценозів лісових екосистем Карпатського регіону, характер взаємозв'язків з факторами природного середовища та діапазон їх природної мінливості визначаються регіональними особливостями екосистем в умовах вертикальної поясності.

2. Різні форми антропогенного впливу на лісові екосистеми зумовлюють закономірні зміни мікробного компонента та його структурних елементів.

3. Реакції мікробних популяцій та мікробіологічні параметри віддзеркалюють ефективність лісгосподарської діяльності в процесі природокористування.

4. Екологічно допустимі рівні техногенного впливу на ґрунтову біоту та їх діагностичні тести є підставою для визначення ступеня порушеності природних екосистем за станом мікробного компонента.

5. Концептуальна схема еколого-мікробіологічного моніторингу наземних екосистем придатна для оцінки, біотестування змін, контролю і прогнозу стану природного середовища в умовах аеро-

техногенного забруднення.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є особистою науковою працею автора. Автор як відповідальний виконавець і науковий керівник тем особисто розробляв напрямки, програму та методичні підходи досліджень ґрунтових мікробоценозів у природних та антропогенно порушених наземних екосистемах Карпатського регіону, брав особисту участь у збиранні, обробці й аналізі експериментального матеріалу, виконанні робіт з біоіндикації стану наземних екосистем в умовах аеротехногенного забруднення, теоретичній інтерпретації і підготовці наукових публікацій.

Автором підготовлено 76 самостійних публікацій, а в роботах, що опубліковані у співавторстві, частка особистої участі в їх підготовці становить 80-90%.

Апробація результатів дисертації. Матеріали роботи доповідалися: на 13-ти Всесоюзних і республіканських наукових конференціях (Москва, Київ, Вільнюс, Ташкент, Пушціно, Каунас, Самарканд, Таллінн, Кишинів, Дніпропетровськ, Чернігів, Івано-Франківськ, Львів); 8-ми Всесоюзних і республіканських делегатських з'їздах мікробіологів (Єрєван, Київ, Рига, Алма-Ата, Дніпропетровськ, Одеса, Чернівці), 2-х з'їздах ботаніків (Дніпропетровськ, Івано-Франківськ), 2-х з'їздах ґрунтознавців (Новосибірськ, Харків); 6-ти Всесоюзних і республіканських нарадах і симпозіумах (Москва, Архангельськ, Таллінн, Каунас); 4-х міжнародних конференціях та конгресах (Кишинів, Дніпропетровськ, Севастополь) та ін.; багатьох науково-технічних і науково-виробничих конференціях, наукових товариствах, учених радах і засіданнях кафедр ряду вищих навчальних закладів країни.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 108 наукових робіт. Основні положення дисертації висвітлені у 72 друкованих працях, у тому числі в 5-ти розділах колективної монографії "Биологическая активность почв в условиях антропогенного воздействия" (Кишинёв, Штиинца, 1990), 3 брошурах і 4 міжнародних виданнях.

Структура і обсяг роботи. Матеріал роботи викладено на 524 сторінках машинопису, з них власне текст займає 300 сторінок. Дисертація складається з 3-х частин, які включають вступ, 7 розділів, узагальнення, висновки, список використаних джерел і додатки. Текст ілюстрований 96 таблицями, 65 рисунками. Список літератури містить 551 найменування, з яких 130 іноземних. Додатки містять 80 таблиць, 14 малюнків, відповідні акти впровадження.

ЗМІСТ РОБОТИ

Частина I КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ І МІКРОБІОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ІНДИКАЦІЇ ЇХ СТАНУ

Розділ 1 ГРУНТОВІ МІКРОБОЦЕНОЗИ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

Фітоценоз, зооценоз і мікробоценоз становлять органічний світ біогеоценозів (Сукачев, 1964). Завдяки малим розмірам мікроорганізми мають велику відносну поверхню контакту з середовищем існування. Велика швидкість росту та розмноження дозволяють у короткий термін простежити за впливом на них будь-якого фактора упродовж багатьох поколінь. Тому важливими є дослідження реакцій мікробних ценозів на антропогенні навантаження, розробка теоретичних основ стійкості мікробних асоціацій, вирішення питань біодіагностики ґрунту як системи (Андреюк, Валагурова, 1982).

Аналіз наукових даних, що стосуються чисельності мікроорганізмів у ґрунтах лісових екосистем (підрозділ 1.1.) свідчить про значні її коливання. Реакції мікроорганізмів на зміну факторів природного середовища проявляються в зміні кількісного, а частіше якісного складу ценозу. У деяких випадках вони настільки тісно пов'язані із зміною середовища, що окремі види мікроорганізмів або природні закономірні їх асоціації можуть розглядатися як індикатори певних екологічних умов (Израэль, Цыбань, 1981).

У процесі аналізу робіт, присвячених вивченню різних форм АВ на функціонування мікробних ценозів (підрозділ 1.2. і 1.3.), звернуто увагу на можливе перегрупування окремих структурних елементів мікробного компонента, зниження його різноманітності, пригнічення мікробіологічних процесів внаслідок виробничої діяльності людини.

Огляд проблеми біоіндикації стану природного середовища (підрозділ 1.4.), а також аналіз наявних матеріалів з цього питання в екосистемах Карпатського регіону свідчать про можливість застосування мікробіологічних показників для оцінки стану природного середовища та екологічного прогнозу.

Розділ 2 ПРОГРАМА, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Мікробоценози як біогеоценотичний компонент включалися до комплексних програм екологічних досліджень в Українських Карпатах з 70-х років (Пастернак, Стефурак, 1972, 1980; Стефурак, 1974, 1979, 1986, 1990, 1994). Однакові методичні підходи дозволили отримати порівняльні багаторічні матеріали в різних ландшафтних областях у природних та антропогенно порушених лісових еко-

системах Українських Карпат і Прикарпаття. Безпосередньо дослідженнями були охоплені підстилки і ґрунти природних екосистем у межах рослинних асоціацій, які репрезентують провідні лісові формації (Пастернак, 1968; Голубець, 1978; Царик, Чорнобай, 1976; Парпан, 1982).

Опис усіх об'єктів, їх розміщення наведені в наших публікаціях, а також у підрозділі 2.2. та додатках до дисертації. Кожний тип ландшафту представлений кількома біогеоценозами, що дозволило охарактеризувати певний ряд екосистем в умовах вертикальної поясності за біологічними показниками.

Дослідження впливу аеротехногенного забруднення на наземні екосистеми та їх компоненти проводили на дослідних ділянках, закладених на різній відстані від Калуського концерну "Оріана" (ККО) та Миколаївського цементно-гірничого комбінату (МЦГК) у напрямку домінуючих вітрів. Контролем служили ділянки, розміщені поза зоною дії промислових викидів.

Головними етапами еколого-мікробіологічного моніторингу вважаємо: виявлення діапазонів природної варіабельності мікробного компонента в ґрунтах наземних екосистем за основними його характеристиками; вивчення реакцій мікробних популяцій на антропогенний вплив; добір індикаційних мікробіологічних показників, придатних для оцінки стану порушених екосистем.

Використовуючи екологічні принципи (Одум, 1975, 1986; Голубець, 1994), орієнтуючись на роботи інших дослідників з моніторингу забруднення довкілля (Израель, 1977; Никитина, 1988; Долгова, 1995), а також власний експериментальний матеріал щодо реакцій мікробіоти на антропогенну дію, ми узагальнили всі отримані відомості у вигляді концептуальної схеми (п.2.3.2.), яка рекомендується під час проведення дослідження з метою біоіндикації стану наземних екосистем (рис.1).

В основу методики досліджень покладена "Программа и методика биогеноценологических исследований" (1966, 1974). Методи досліджень були уніфіковані і доповнені (Стефурак, 1990).

Для вирішення конкретних завдань еколого-мікробіологічного моніторингу (вивчення стану ґрунтових мікроорганізмів у природних і порушених екосистемах) було використано ряд стандартних прийомів мікробіологічних аналізів: прямий метод визначення бактеріальної і грибною біомаси та методи посівів на селективні поживні середовища.

Поряд із загальноприйнятими методами в мікробіологічному

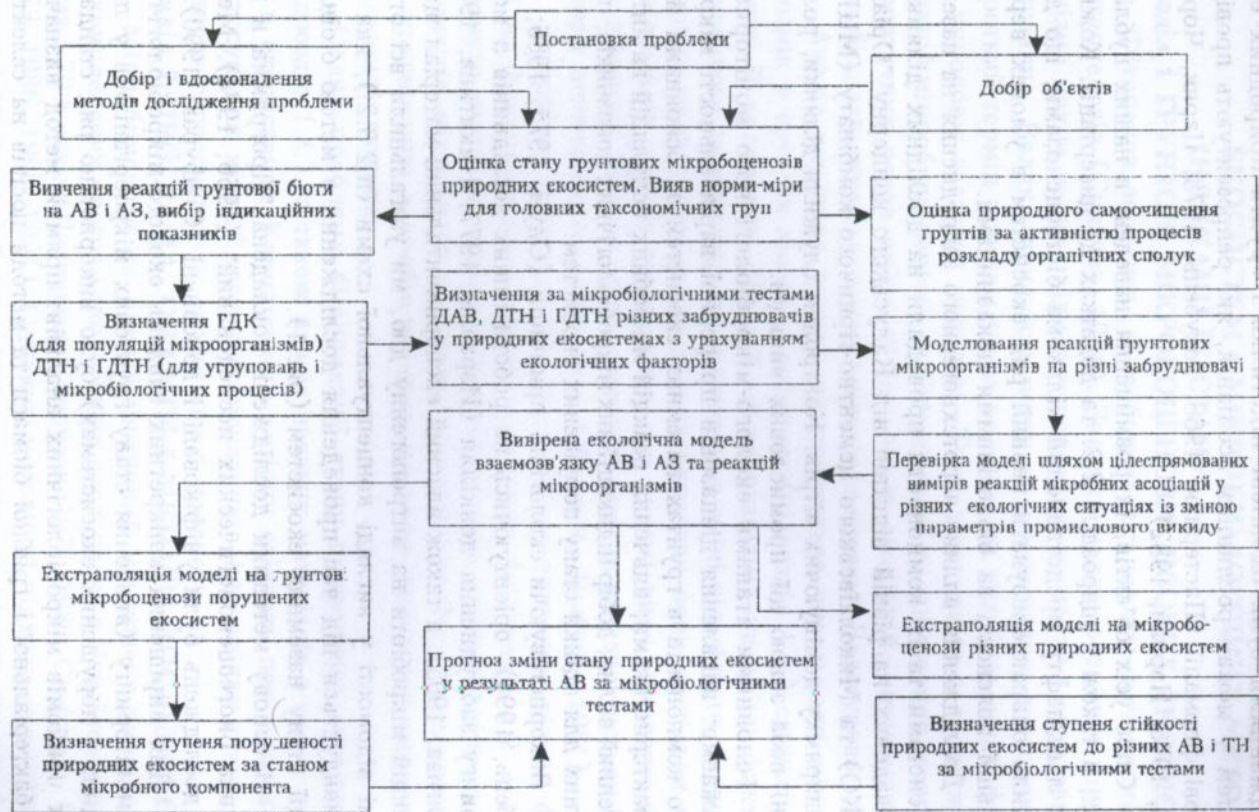


Рис. 1 Основні етапи біоіндикації стану наземних екосистем за мікробіологічними показниками

моніторинзі наземних екосистем нами використані методи ініційованих мікробних угруповань (ІМУ) (Гузев, Бондаренко и др., 1980) і двошарового ґрунтового агару (ДГА) (Мамитко, Мамитко, Никитина, 1983). Для отримання репрезентативних даних були використані методи математичної статистики (Ашмарин, Васильев, Амбросов, 1975; Доспехов, 1979). Статистична обробка результатів проводилась при 5%-ному рівні значимості.

Частина II МІКРОБНІ ЦЕНОЗИ ПРИРОДНО-ЕТАЛОННИХ НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ

Розділ 3 ВЗАЄМОДІЯ ҐРУНТОВОЇ МІКРОБІОТИ З КОМПОНЕНТАМИ ЛІСОВИХ БІОГЕОЦЕНОЗІВ

У цій частині роботи наведені результати багаторічних досліджень ґрунтових мікробних популяцій в основних типах екосистем Карпатського регіону. Проведення тривалих спостережень було зумовлене необхідністю визначення меж природної мінливості та ранжування мікробіологічних показників за ступенем чутливості до екологічних факторів, виявлення багаторічних трендів різних мікробних популяцій, тобто вони були необхідні для характеристики природного мікробіологічного фону. Тривалі спостереження дозволили екстраполювати виявлені закономірності протікання мікробіологічних процесів на екосистеми-аналоги і прогнозувати їх стійкість до антропогенного впливу.

3.1. Чисельність і біомаса ґрунтових мікроорганізмів у лісових екосистемах

Структура ґрунтових мікробних ценозів, рівень і склад мікробної біомаси лісових екосистем визначаються в значній мірі специфікою екологічних умов і типологічною приналежністю. Найрізноманітніша у кількісному та якісному відношеннях ґрунтова мікрофлора дібров і бучин нижнього гірського поясу і передгір'я. Кругообіг речовин тут досить інтенсивний; збалансовані процеси виносу й акумуляції; активний стан мікробних популяцій зумовлює високий рівень їх біомаси (1286-1300 кг/га у шарі ґрунту 0-20 см) і переважання в мікробному ценозі бактеріального евтрофного компонента.

Для ґрунтів високогірних лісових екосистем характерні незамкнутість і незбалансованість кругообігу речовин; зменшення мікробної біомаси (130-460 кг/га); послаблення її функціональної активності і посилення оліготрофності, зниження розмірів мікробного пулу (до 0,30), інтенсивності розкладу рослинних решток (коефіцієнт мінералізації - 1.2).

У складі ґрунтової мікрофлори лісових екосистем помітне міс-

це займають бацили, які здатні споживати мінеральні форми азоту (*Bac.subtilis*, *Bac.mesentericus*, *Bac.idosus*, *Bac.cereus*). Серед стрептоміцетів домінують групи *Olivaceus* і *Griseus* (28,4-39,9%), *Albus* і *Chromogenes* (31,4-35,6%), *Lavendula* і *Flavus* (16,3-24,5%), *Glaucus* (19,4%). Серед мікроскопічних грибів переважають представники родів *Penicillium* і *Mucor*, рідше трапляються види родів *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Dematium*, а також представники родини *Phoma*.

3.2. Біогенність ґрунтів лісових екосистем

Розподіл мікроскопічних грибів і бактерій у профілі ґрунтів досліджуваних екосистем співпадає з розподілом рослинних решток, а розвиток актиноміцетів у значній мірі - з більш розкладеною органічною речовиною. Біомаса грибів в окремих випадках переважає над бактеріальною. Сумарна мікробна біомаса, що становить не менше 20-44 мг/см², характерна для ґрунтів передгірського поясу.

3.3. Динаміка і продуктивність мікробних популяцій у ґрунтах природних екосистем

Багаторічні спостереження показали винятково широкий розмах коливань чисельності мікробних популяцій (від десятків тисяч до декількох мільярдів клітин в 1 г ґрунту). Короткий вегетаційний період з пониженими ґрунтовими температурами визначає такі регіональні особливості мікробних асоціацій гірських екосистем, як інтенсивний, але нерівномірний розвиток у літній період, короткочасна напруженість біохімічних процесів. Найвища варіабельність мікробіологічних показників протягом вегетаційного періоду виявлена в ґрунтах екосистем передгірського та нижнього гірського поясів, у середньоводний рік діапазон природних флуктуацій мікроорганізмів тут найбільший. Число генерацій бактеріальних популяцій у лісових ґрунтах за 1 місяць коливається від 3 до 7, а середній час однієї генерації становить 30,5 год.

3.4. Кореляційні взаємозв'язки флуктуацій чисельності та активності мікроорганізмів з факторами природного середовища

Найбільш тісний взаємозв'язок між зміною чисельності мікробних популяцій та факторами природного середовища встановлений під час аналізу із зсувом у часі, тобто за умови врахування післядії того чи іншого фактора. У ґрунтах лісових екосистем на щоденні зміни чисельності мікроорганізмів незначний вплив має вологість ґрунту ($r=0,2$), сильніше виражений зв'язок з температурою ґрунту і повітря ($r=0,4-0,6$). Із зсувом у часі в 8-10 діб значення коефіцієнтів кореляції з цими показниками зростали. Одномоментний зв'язок чисельності мікроорганізмів з вмістом рухомої органічної ре-

човини виражався коефіцієнтом кореляції $r=0,6-0,9$. Середній зв'язок відзначений із вмістом загального гумусу ($r=0,3-0,5$).

3.5. Мікробіологічні фактори кругообігу азоту в лісових ґрунтах

У ґрунтах високогірських екосистем чисельність олігонітрофільних бактерій перевищує чисельність сапрофітних мікроорганізмів. У підстилках і ґрунтах передгірських екосистем завдяки вузькому співвідношенню C:N створюються сприятливі умови для протікання процесів амоніфікації (34,48-224,32 мг аміака на 1 кг ґрунту), тут спостерігається і максимальна активність азотфіксації (2,10-3,35 мг азоту на 1 кг ґрунту).

3.6. Біологічна активність ґрунтів лісових екосистем

Інтенсивність розкладу целюлози та дисперсія ферментативної активності ґрунтів лісових екосистем зумовлені фактором вертикальної поясності. Позитивний корелятивний зв'язок ($r=0,54$) спостерігається між біомасою бактерій та активністю протеази, грибною біомасою та активністю каталази ($r=0,61$). Про значну біологічну активність цих ґрунтів свідчить концентрація CO_2 у ґрунтовому повітрі (5,70-13,10 кг на 1 га за годину).

Частина III МІКРОБОЦЕНОЗИ АНТРОПОГЕННО ПОРУШЕНИХ ЕКОСИСТЕМ І ПРОБЛЕМИ БІОІНДИКАЦІЇ

Розділ 4 СУКЦЕСІЇ ҐРУНТОВИХ МІКРОБНИХ ЦЕНОЗІВ

ЗА РІЗНИХ ФОРМ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

У зв'язку з тим, що антропогенні навантаження накладаються на природні процеси, які протікають в екосистемах, вияв ступеня допустимого антропогенного впливу (ДАВ) на екосистему можливий лише за умови порівняння зміни її компонентів під впливом антропогенних навантажень із змінами, зумовленими природними факторами. Тому попереднє вивчення природного стану ґрунтових мікробоценозів у непорушених екосистемах було обов'язковим етапом мікробіологічного моніторингу наземних екосистем. На основі інформації, зібраної під час режимних спостережень, отримано систему показників про природну норму ґрунтових мікробних популяцій в екосистемах Карпатського регіону.

4.1. Вплив мінеральних добрив на ґрунтову мікробіоту

Азотні і фосфорні добрива, внесені у лісові ґрунти разом з вапном, стимулювали розвиток мікроорганізмів більшості екологічно-трофічних груп, які беруть участь у мінералізації рослинних решток. Найпомітніше зростання чисельності мікроорганізмів (до 4 млн на 1 г ґрунту), яке стійко утримувалося в усі строки аналізу, відзначено для варіанту $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ +вапно 3 т/га. Застосування добрив

змінює динаміку розвитку мікроорганізмів, посилює пульсацію та амплітуду коливань їх чисельності і біомаси, активізує процеси амоніфікації, нітрифікації, розкладу целюлози, посилює виділення ґрунтом CO_2 , підвищує активність ґрунтових ферментів.

4.2. Зміна біологічної активності ґрунтів під впливом гербіцидів

Симазин, зеазин і атразин, що застосовуються для боротьби з бур'янами у лісових розсадниках (2-7 кг діючої речовини на 1 га), мають подібний характер впливу на ґрунтові мікробні ценози і належать до середньо- та малотоксичних препаратів. Дія гербіцидів зумовлює помітне перегруповання структурних елементів мікробних ценозів, зміну домінантних форм мікроорганізмів, збільшення чисельності споруотворюючих бактерій. За рекомендованих доз гербіцидів зміни у мікробних ценозах мають тимчасовий характер, і мікробні асоціації поступово відновлюються у співвідношеннях, характерних для даного ґрунту. Симазин й особливо зеазин гальмують розвиток *Clostridium pasteurianum*.

4.3. Зміна екологічних умов та активності ґрунтової мікрофлори після рубок

Наслідком суцільного вирубування смерекового лісу є зміни у складі мікробного ценозу підстилок і ґрунтів. У підстилці зрубу в порівнянні з непорушеною рубкою ділянкою спостерігається зростання чисельності споруотворюючих бактерій, що свідчить про порівняно глибоку стадію розкладу підстилок, оскільки надходження свіжого опаду обмежене. Збільшення чисельності неспорівих бактерій у верхньому (4-8 см) шарі ґрунту зумовлене швидким розвитком трав'яного покриву, ризосфера якого багата цими мікроорганізмами, а також збагаченням ґрунту органічними речовинами корневих решток і зміною рН у лужну сторону. Перебудова структурно-функціонального комплексу ґрунтових мікроорганізмів полягає у збільшенні чисельності стрептоміцетів, мікроскопічних грибів, різкому підвищенні вмісту амоніфікаторів. Серед споруотворюючих форм зростає кількість *Bac. agglomeratus* і *Bac. mycoides*, які здатні споживати важкодоступні фракції гумусових речовин.

У ґрунті дворічного зрубу співвідношення мікроорганізмів на крохмало-аміачному агарі (КАА) і м'ясо-пептоновому агарі (МПА) різко зростає, видовий склад стрептоміцетів стає різноманітнішим, мікроскопічні гриби становлять близько 2-8% мікрофлори (97,1-131,2 тис в 1 г підстилки і 19,9-26,6 тис в 1 г ґрунту). На зрубках зменшується кількість представників мукових (*Mucor*, *Mortierella*) і зростає кількість представників грибів роду *Trichoderma*.

4.4. Мікробіологічні аспекти порушених екосистем на трасах газопроводів

Прокладання трас газопроводів у Карпатах із застосуванням сучасної землерийної і лісозаготівельної техніки пов'язане з глибокими порушеннями в усіх біогеоценотичних зв'язках, появою на великих територіях природно-техногенних ландшафтів.

Повне знищення ґрунтового покриву, лісової підстилки, перемішування ґрунтових горизонтів і деформація ґрунтів вносять істотні зміни в структуру і функції мікробних ценозів, інтенсивність і направленість мікробіологічних процесів. На самозаростаючих однорічних відвалах природно-техногенного ландшафту помітно знижуються величина біомаси і життєдіяльність ґрунтової мікрофлори, активність мінералізаційних процесів (табл.1). Втрата органічної речовини та погіршення фізико-хімічних параметрів ґрунтів порушених екосистем призводять до диспропорції у формуванні і розвитку еколого-трофічних груп ґрунтової мікрофлори.

Таблиця 1
Чисельність мікроорганізмів у 20-сантиметровому шарі ґрунту самозаростаючих відвалів

Вік відвалу, роки	Гумус, %	рН водний	Біомаса бактерій, кг/га	Бактерії	Стрептоміцети	Гриби	Загальна чисельність мікроорганізмів
1	0,32	4,47	17	94-109	24-36	12-19	189-200
10	1,21	4,30	94	201-213	105-120	34-47	234-255
20	2,08	4,72	286	435-480	320-360	46-65	590-625
Контроль	8,54	4,80	680	1117-1135	1070-1240	180-220	2800-2940

Екологічні зміни на землях самозаростаючих відвалів, які відбуваються в результаті антропогенного впливу, у повній мірі віддзеркалюють показники біологічної активності ґрунту. Низька каталазна активність ґрунтів відвалів свідчить про зміни в них окислювально-відновного режиму. Активність целюлозоруйнування в ґрунтах порушених екосистем вказує на зміну біологічного кругообігу.

Регенерація біогеоценозів і відновлення ґрунтового покриву йде повільно. Мікробіологічний аналіз ґрунтів самозаростаючих відвалів 20-річного віку свідчить про те, що біологічна активність ґрунтів лісових екосистем, порушених у процесі прокладання трас газопроводів, помітно підвищилася. На цей час зростає рівень чи-

сельності і біомаси ґрунтових мікроорганізмів, стає достатньо насиченим і різноманітним склад мікробних асоціацій, властивих для зональних ґрунтів. Відповідно до ускладнення структури мікробних угруповань підвищується їх функціональна активність. Отже, ґрунтовий мікробіоценоз, його активність є не лише біотичним фактором наземних екосистем, але й важливим індикаційним показником їх стану.

4.5. Мікробні ценози в рекреаційно порушених біогеоценозах

Рекреаційні навантаження на лісові біогеоценози зумовлюють зміни структури мікробного компонента, зниження в 1,5-2 рази видової різноманітності, зменшення бактеріальної та грибнової біомаси, переважання грибного типу розкладу целюлози над бактеріальним, збіднюють видовий склад і стимулюють розвиток найбільш розповсюджених спороутворюючих бактерій (*Bac. cereus* і *Bac. idosus*). Частота наявності деяких форм мікроскопічних грибів (*Penicillium herquei*, *P. funiculosum*, *P. frequentans*, *Mortierella ramanniana*) на стежках різко знижується. Відзначені зміни дають підставу для використання мікробіологічних показників як індикаторів певного функціонального стану лісових екосистем у разі рекреаційних навантажень.

Аналіз результатів досліджень і виявлені закономірності дозволяють стверджувати, що мікробні ценози та їх функціональна активність чітко віддзеркалюють специфіку змін, що відбуваються у ґрунтах порушених екосистем, а тому ряд мікробіологічних показників разом з ґрунтовими і лісівничими критеріями придатні для оцінки різних форм впливу виробничої діяльності людини на наземні екосистеми.

Розділ 5 БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ В УМОВАХ АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ КАЛУСЬКОГО КОНЦЕРНУ "ОРІАНА")

5.1. Вияв природних норм-мір для ґрунтових мікроорганізмів наземних екосистем

Мірою природних норм мікробних угруповань нами запропоновано вважати амплітуду природних флуктуацій мікроорганізмів як одну з найважливіших реакцій на вплив природних факторів.

Під час виявлення мікробіологічних природних норм для ряду взаємопов'язаних екосистем враховувались діапазони не лише часових, але й просторових коливань. Просторово-часові норми мікробіологічних показників відображені графічно та статистично. Перший спосіб вираження норм використаний для характеристики реакцій мікроорганізмів на різні техногенні навантаження в

експериментах у польових умовах. Для статистичного вираження мірою мінливості слугувало середньоквадратичне відхилення від середньої арифметичної, вираховане у відсотках (табл.2).

Таблиця 2
Природні норми мікробіологічних показників наземних екосистем Карпатського регіону (за вегетаційний період)

Висотний біогеоценотичний пояс	Коефіцієнт варіації, %					
	бактерії		стрепто-міцети	гриби	Розклад целюлози	Виділення CO ₂
	МПА	КАА	КАА	СА		
Гірський	M*±36	M±53	M±62	M±70	M±63	M±33
Нижній гірський	M±42	M±46	M±54	M±61	M±80	M±35
Передгірський	M±39	M±48	M±58	M±40	M±53	M±37

*) M- середньоарифметичне за вегетаційний період

5.2. Вміст інгредієнтів промислових викидів в атмосферному повітрі, ґрунті та сніговому покриві забрудненої зони

Основна маса викидів в атмосферу представлена газами й аерозолями (78,3-88,8%). Серед газових викидів переважають сірчистий ангідрид (18-40%), чадний газ (14-37%), аміак (12-27%), окис азоту (2-9%), пари азотної, сірчаної і фосфорної кислот. До складу викидів входять також частинки тетраетилowego свинцю, цинку, кадмію, алюмінію, магнію, ртуті, міді, хлорні, хлорорганічні та органічні сполуки. Максимальний вміст забруднювачів у сніговій воді і ґрунті виявлено на відстані до 3 км від джерела викиду.

5.3. Зміна властивостей ґрунтів під впливом забруднення

В умовах аеротехногенного забруднення формуються ґрунти з порушенням профілю, наявністю включень, погіршенням фізико-хімічних показників. Зменшення рН супроводжується зміною ступеня розкладу і розчинності органічної речовини. У безпосередній близькості до хімічних об'єктів спостерігається зменшення гумусового горизонту, а місцями повне зникнення органічного шару ґрунту, збільшується його об'ємна вага, зменшується шпаруватість.

5.4. Реакції ґрунтових мікроорганізмів на дію газоподібних викидів комплексного складу

Аеротехногенне забруднення ґрунтів спричиняє послаблення стабільності ценозів мікроорганізмів, зниження чисельності і зміну співвідношень еколого-трофічних груп. Склад мікробних ґрунтових ценозів змінюється в бік домінування мікроскопічних грибів (рис.2).

У міру наближення до промислових підприємств індекс педотрофності і коефіцієнт мінералізації в забрудненому ґрунті зрос-

тають, що вказує на домінування педооліготрофних груп мікроорганізмів, здатних мінералізувати ґрунтовий гумус і забезпечувати свої потреби за рахунок низьких концентрацій поживних речовин.

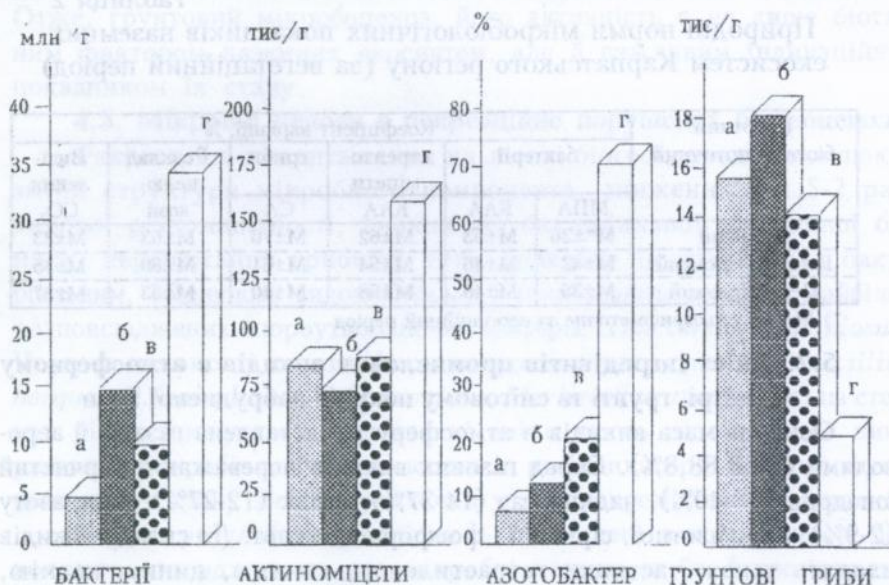


Рис. 2 Вплив аеротехногенного забруднення на чисельність основних груп ґрунтових мікроорганізмів (шар ґрунту 0-20 см) а- магнієвий завод; б- хімічний завод; в- завод "Цінеб"; г- контроль

Найчутливішими до аеротехногенного забруднення виявились амоніфікуючі та нітрифікуючі бактерії, чисельність яких знизилась у 10-20 разів у порівнянні з ґрунтом контрольної ділянки. Серед мікроорганізмів азотного циклу особливо чутливим до забруднення є азотобактер. Аеротехногенне забруднення негативно впливає на пул ґрунтових мікроорганізмів і сумарну біологічну активність ґрунту. Біомаса мікроорганізмів у дуже забрудненому ґрунті (0,5-2 км від джерела забруднення) знижується у 3-5 разів в порівнянні з біомасою ґрунту контрольної ділянки.

Діючи тривалий час, промислові викиди комплексного складу зумовлюють пригнічення і зменшення кількості корисних функцій, якими володіє мікробний ценоз. Високою чутливістю до наявності токсикантів у ґрунті характеризуються азотфіксуючі мікроорганізми. Потенційна активність фіксації атмосферного азоту в ґрунті забруднених ділянок в 3-7 разів нижча (5,5 кг азоту на 1 га), ніж у ґрунті контрольної (35,4 кг азоту на 1 га). Подібна залежність вста-

новлена і для інтенсивності процесів амоніфікації та нітрифікації.

Чутливими тестами на забруднення ґрунтів є активність гідролітичних (протеази і целюлази) та окислювально-відновних (інвертази, пероксидази, каталази) ферментів, а також інтенсивність процесів розкладу целюлози, синтезу вільних амінокислот і виділення CO_2 ґрунтом. Унаслідок зниження продуктивності рослинного покриву в зоні забруднення різко зменшується (до 3,6 т/га) маса опаду і становить лише 27,1% від цієї маси на контрольній ділянці.

Отримані результати досліджень розкривають у принципі поетапність впливу аеротехногенного забруднення на ґрунтовий мікробіоценоз. На перших етапах забруднення відбувається пригнічення мікробіологічних процесів у результаті безпосередньої дії забруднювачів. Згодом частина мікробних асоціацій адаптується до нових умов середовища, та поряд з фактором забруднення, що визначає їх чисельність і структуру, зменшує рівень потенційної активності, з'являється фактор дефіциту елементів живлення як наслідок побічного впливу забруднення. У результаті цього відбувається заміна одних груп мікробних асоціацій іншими, що може бути індикаційним тестом на присутність у ґрунті забруднювачів.

5.5. Кореляційний аналіз біологічної активності аеротехногенно забруднених ґрунтів

Чисельність багатьох груп ґрунтових мікробних асоціацій (бактерії, стрептоміцети, азотобактер, амоніфікатори і нітрифікатори) знаходиться в безпосередньому і сильно вираженому зв'язку з фактором віддаленості від джерел забруднень ($r > 0,70$). Така ж закономірність виявлена і для гідролітичних ферментів. Виняток становлять оліготрофні мікроорганізми, спороутворюючі бактерії і мікроміцети. Позитивне і достовірне значення коефіцієнта кореляції між C/N та відстанню від джерела забруднення свідчить про зростання C/N із її зменшенням.

Розділ 6 ВПЛИВ ТЕХНОГЕННИХ ПРОДУКТІВ НА ҐРУНТОВІ МІКРОБНІ АСОЦІАЦІЇ (НА ПРИКЛАДІ МИКОЛАЇВСЬКОГО ЦЕМЕНТНО-ГІРНИЧОГО КОМБІНАТУ)

6.1. Забруднення атмосферного повітря, дощової води і ґрунтового покриву викидами цементного пилу

У зоні дії МЦГК усі середні величини забрудненості повітря на відстані 0,5 км у 5,8 рази вищі гранично-допустимих концентрацій (ГДК); 2 км - у 3,4 рази; 7 км - в 1,4 рази. Ступінь шкідливого впливу забруднення атмосфери на наземні екосистеми визначається хімічним складом викидів, у яких переважають окиси металів (75-

85%) та окиси кремнію (15-20%). Седиментацією цементного пилу і подальшим проникненням його в ґрунт з опадами пояснюється зміна кислотності верхнього ґрунтового горизонту від слабокислої (рН=5,77 - на контрольній ділянці) до лужної (рН=8,42 - на забрудненій території).

6.2. Стан лісових фітоценозів у зоні забруднення

Максимальне зниження біопродуктивності відзначено для 35-річного букового деревостану в зоні інтенсивної седиментації цементного пилу на відстані 3 км від МЦГК. Бонітет насадження тут на один клас нижчий у порівнянні з контрольною ділянкою.

6.3. Особливості структурно-функціональної організації

мікробіоценозів ґрунтів, забруднених цементним пилом

В умовах інтенсивного забруднення цементним пилом різко знижується загальна чисельність ґрунтових мікроорганізмів, бактерій на МПА, стрептоміцетів й особливо мікроскопічних грибів. У той же час кількість бактерій, які споживають мінеральні форми азоту, збільшується у 2-2,5 рази, а чисельність оліготрофних мікроорганізмів - у 5-10 разів у порівнянні з ґрунтом контрольної ділянки. Збільшення коефіцієнтів мінералізації (6-21), індексів оліготрофності (80-600) і педотрофності (8-21) мікробних ценозів у ґрунті забруднених ділянок у порівнянні з ґрунтом контрольної (відповідно 1; 27; 3) свідчить про погіршення ґрунтових умов. Частота наявності у забрудненому ґрунті *Bac. mycoides* і *Bac. subtilis* підтверджує здатність цих видів бактерій протистояти токсичній дії та очищувати ґрунт від техногенних продуктів. Забруднення лісового ґрунту цементним пилом зумовлює зміну домінуючих видів серед стрептоміцетів. Тут переважають *Str. albus* і *Str. griseus*, що дає підставу вважати їх індикаторами стану наземних екосистем в умовах техногенного навантаження.

Чисельність азотобактера, кластрідій і целюлозоруйнівних мікроорганізмів у забрудненому ґрунті (п.б.3.1.) в 10-20 разів знижується у порівнянні з чисельністю їх в контрольному ґрунті, що підтверджується також низьким рівнем азотфіксації (0,6-1,2 N кг/га) і швидкістю розпаду целюлози (п.б.3.2.).

Із наближенням до джерела забруднення вміст моноцукрів та вільних амінокислот у ґрунті знижується в 1,5-2 рази у порівнянні з ґрунтом контрольної ділянки, де пул амінокислот становить 114-160 мг/кг ґрунту; значно звужується спектр останніх. Цей показник заслуговує на увагу під час біоіндикації стану наземних екосистем.

Добова динаміка чисельності бактерій і довжини грибною

міцелію в техногенному і контрольному ґрунтах (п.6.3.3.) являє собою коливання з різною частотою та амплітудою. Висока насиченість ґрунту цементом пригнічує розвиток мікроорганізмів, особливо зменшується довжина грибного міцелію та його біомаса (рис.3).

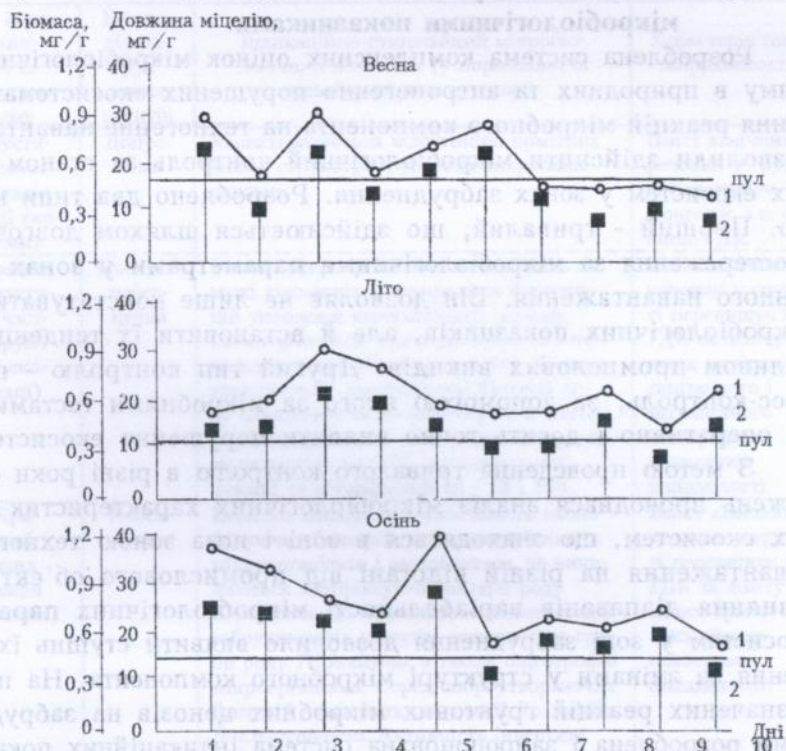


Рис. 3 Добова динаміка довжини і біомаси грибного міцелію у лісовому ґрунті, забрудненому цементним пилом
1- довжина міцелію, м/г ґрунту; 2- біомаса міцелію, м/г ґрунту

Вивчення амілолітичних ініційованих угруповань мікроорганізмів із застосуванням методу прямого мікроскопіювання з використанням електронного мікроскопа (п.6.3.4.) показало, що мікробні ценози ґрунту контрольної ділянки характеризуються наявністю великої кількості мікроскопічних грибів, які завжди виділяються як доміанти амілолітичних мікробних угруповань. У зв'язку з різким підвищенням рН середовища у техногенному ґрунті в мікробному пейзажі відбувається структурна перебудова. Мікроскопічні гриби витісняються бактеріальною флорою.

Отже, сукцесії мікробценозів можуть служити критерієм для інтегральної оцінки і прогнозу стану лісових екосистем.

Розділ 7 ЕКОЛОГО-МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ АЕРОТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

7.1. Контроль стану наземних екосистем за мікробіологічними показниками

Розроблена система комплексних оцінок мікробіологічного режиму в природних та антропогенно порушених екосистемах, вивчення реакцій мікробного компонента на техногенне навантаження дозволили здійснити мікробіологічний контроль за станом наземних екосистем у зонах забруднення. Розроблено два типи контролю. Перший - тривалий, що здійснюється шляхом довготривалого спостереження за мікробіологічними параметрами у зонах техногенного навантаження. Він дозволяє не лише констатувати зміни мікробіологічних показників, але й встановити їх тенденцію під впливом промислових викидів. Другий тип контролю - це експрес-контроль, за допомогою якого за мікробними тестами можна оперативно і досить точно виявити порушення екосистеми.

З метою проведення тривалого контролю в різні роки спостережень проводився аналіз мікробіологічних характеристик наземних екосистем, що знаходяться в зоні і поза зоною техногенного навантаження на різній відстані від промислового об'єкту. Порівняння діапазонів варіабельності мікробіологічних параметрів екосистем у зоні забруднення дозволило виявити ступінь їх порушення за змінами у структурі мікробного компонента. На підставі визначених реакцій ґрунтових мікробних ценозів на забруднення нами розроблена і запропонована система індикаційних показників (табл.3), призначена для оцінки стану наземних екосистем за 4 рівнями впливу техногенних речовин (Стефурак, 1990).

З рівнями впливу техногенного навантаження на наземні екосистеми тісно пов'язаний спосіб виявлення зон забруднення територій хімічними підприємствами (Стефурак, 1989), який базується на показниках токсичності води і ґрунту та біологічних тестах. Ідентифіковано 4 зони забруднення території підприємствами ККО (I- надмірного, 0,5 км від джерела забруднення; II- значного, до 2 км; III- помірного, до 10 км; IV- незначного, до 25 км).

Вивчення токсичного впливу забруднених снігу та ґрунту на схожість насіння злакових культур і трав, величину проростків і розвиток рослин, а також на структурно-функціональну організацію ґрунтових мікробіоценозів дозволило рекомендувати спосіб раціонального використання земель техногенних територій.

Індикаційна класифікація стану наземних екосистем в умовах забруднення (за реакціями ґрунтових мікробних ценозів)

Рівень впливу хімічних речовин на екосистему	Категорія забруднення ґрунтів	Індикаційно-сукцесійний мікробіологічний показник (у порівнянні із незабрудненим ґрунтом)	Характеристика забрудненості
I. Допустимий (початкова стадія руйнації екосистеми)	Допустима	Характеризується відсутністю помітних змін у структурі ґрунтових мікробних ценозів.	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує фоновий, але не вище ГДК.
II. Гранично-допустимий (часткова руйнація екосистеми)	Помірно небезпечна	Реакції мікроорганізмів не виходять за межі діапазонів їх природних флуктуацій упродовж вегетаційного періоду. Спостерігається незначне зниження чисельності мікробних популяцій. Зрідка трапляються азотфіксуючі бактерії роду <i>Clostridium</i> та споруутворюючі бактерії <i>Bac.megaterium</i> . Активність інвертази зменшується на 25%, процесів амоніфікації та нітрифікації на - 13 і 15%.	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує ІХ ГДК за лімітуючих загально-санітарного і міграційного повітряного показників шкідливості.
III. Критичний (значна руйнація екосистеми)	Небезпечна	Помітно знижується чисельність амоніфікуючих бактерій, целулозоруйнівних мікроорганізмів і азотобактера, не виявляються азотфіксуючі бактерії роду <i>Clostridium</i> . До підвищення концентрацій забруднювачів у ґрунті адаптуються гриби роду <i>Trichoderma</i> , а також оліготрофні мікроорганізми. Серед споруутворюючих бактерій домінують популяції <i>Bac.subtilis</i> , <i>Bac.mezentericus</i> . Активність інвертази зменшується від 25 до 50%, азотфіксації - на 65%, процесів амоніфікації і нітрифікації - на 25 і 18%. Розклад бавовняно-паперової тканини за 6 міс. вегетаційного періоду не перевищує 30-45%.	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує ІХ ГДК за лімітуючого транслокаційного показника шкідливості.
IV. Недопустимий (катастрофічний, повна руйнація екосистеми)	Надзвичайно небезпечна	Характеризується різким спадом чисельності та лімінацією мікроорганізмів. Склад мікробних ценозів змінюється у бік домінування грибів. З'являються типові для техногенних ґрунтів представники груп <i>Str.albus</i> , <i>Str.griceus</i> , одинокими колоніями трапляються <i>Bac.mycoides</i> , зовсім відсутні популяції <i>Bac.megaterium</i> . Не виявляються <i>Azotobacter</i> і <i>Clostridium</i> . Активність інвертази та уреазі зменшується більш, ніж на 50 і 26%, азотфіксації, амоніфікації і нітрифікації - на 76 і 30%. Розклад бавовняно-паперової тканини за 6 міс. вегетаційного періоду не перевищує 15%.	Вміст хімічних речовин у ґрунті перевищує ГДК за усіма показниками шкідливості.

Суть способу експрес-контролю за станом наземних екосистем у зонах техногенного навантаження полягає у використанні для біоіндикації характерних показників ІМУ. В основу способу експрес-контролю покладені факти, які свідчать про те, що структура ініційованого мікробного угруповання представлена, головним чином, бактеріальним компонентом. У міру збільшення концентрації забруднювачів чисельність бактеріальних популяцій у ґрунті зменшується, а грибних - збільшується. Посилення техногенного навантаження відбивається на складі останніх. Виявлена залежність між зміною структури ІМУ та величиною техногенного навантаження використовується для оцінки ступеня руйнації ґрунтових екосистем. Критерієм руйнації є характер реакції мікроорганізмів на внесення в ґрунт, що аналізується, різних доз забруднювача. Чим більше зруйнована екосистема, тим за менших доз забруднювача відбувається зміна складу ІМУ.

На основі реакцій ІМУ розроблена номограма (рис.4), яка базується на чисельності бактерій на ДГА (кількість в 1 г повітряно-сухого ґрунту по вісі А) і грибів (вираженій в умовних одиницях і нанесеній на вісь В). На вісі В відкладена кількість мікроскопічних грибів, виявлена у ґрунті конкретної екосистеми, потім з отриманої точки проведений промінь через точку, яка відповідає показнику чисельності бактерій. Спрямування променя вказує на стан екосистеми.

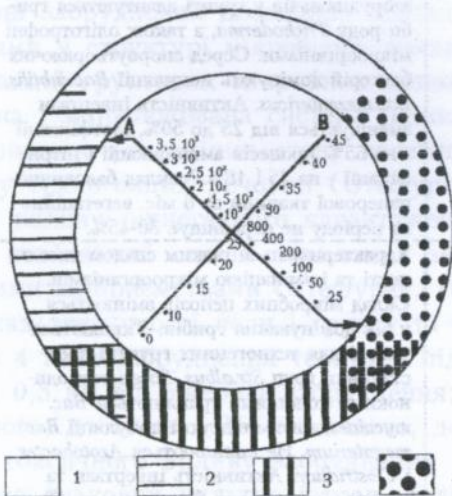


Рис. 4 Номограма для визначення ступеня руйнації наземної екосистеми у зоні аеротехногенного забруднення за мікробіологічними показниками

Сталі: 1 - початкова (допустимий рівень ТП),
 2 - часткової руйнації (гранично допустимий рівень ТП),
 3 - значної руйнації (критичний рівень ТП),
 4 - повної руйнації (катастрофічний рівень ТП)

Для лісових ґрунтів передгірських екосистем порівняно висока чисельність бактеріального компоненту за невеликої кількості грибних популяцій характеризують екосистему як відносно стабільну. Високий рівень грибної біомаси і низький бактеріальної вказують на аеротехногенне забруднення.

7.2. Деякі групи членистоногих і мезофауни як показники стану природних комплексів

Загальна чисельність членистоногих на забруднених ділянках знижується у порівнянні з контрольною на 27%. Особливо чутливими до забруднення є павуки, сінокосці та жуки. З наближенням до джерела забруднення біомаса останніх зменшилась наполовину, а кількість видів з 17 до 11. В результаті аеротехногенного забруднення відбулася заміна представників великих хижих турунів роду *Carabus* дрібними хижими турунами роду *Pterostichus*, які різко збільшили свою чисельність. Зміни угруповань членистоногих носять структурний характер, і вони зберігають здатність до саморегуляції в природному комплексі. В ролі біоіндикаторів стану початкового порушення природних комплексів можна використовувати вид *Carabus coriaceus*. Різде зниження чисельності двох видів великих турунів *Carabus nemoralis* і *Carabus violaceus* свідчить про значне порушення екосистеми, що супроводжується також зменшенням біомаси дощових черв'яків (до 50%).

7.3. Соціально-екологічні аспекти оцінки стану довкілля у зоні аеротехногенного забруднення

Забруднення атмосферного повітря населених місць розглядається як причинний фактор або у зв'язку з агравацією таких захворювань людей, як хронічний бронхіт, астма, емфізема легень. За 5-річний період спостерігається поступове випереджаюче зростання рівнів хронічних захворювань органів дихання людей, які постійно проживають у районі з інтенсивним забрудненням довкілля. У дітей встановлено зниження функцій дихальної системи, схильність до розвитку ринітів і фарингітів. Коефіцієнти рангової кореляції свідчать, що між захворюваністю дорослого і дитячого населення, яке проживає у промисловому районі, хворобами органів дихання і сукупністю інгредієнтів, що містяться у викидах підприємств ККО, існує безпосередній і сильно виражений зв'язок ($r=0,80$), що підтверджує факт хронічного негативного впливу відносно невеликих концентрацій атмосферних забруднювачів на здоров'я населення як найбільш комплексного біотичного індикатора несприятливого стану довкілля.

ВИСНОВКИ

1. Наслідки дослідження структурно-функціональної організації мікробних ценозів у ґрунтах природних і змінених людиною екосистем Карпатського регіону дали змогу встановити можливості біологічної індикації стану наземних екосистем, запропонувати схему їх еколого-мікробіологічного моніторингу, що складається з кількох етапів і включає аналіз мікробних ценозів у природних екосистемах, визначення норм-мір їх таксономічних та еколого-трофічних груп, вивчення реакцій мікроорганізмів на різні форми антропогенного впливу з урахуванням дії факторів природного середовища, встановлення рівнів впливу техногенного навантаження, мікробіологічний тест-контроль за станом екосистем.

2. Регіональні особливості екосистем в умовах вертикальної поясності Українських Карпат визначають ендогенні фактори і зв'язки, які формують мікробні ценози в різних фітоценозах. У формуванні мікробних ценозів ґрунту визначальну роль відіграє тип лісорослинних умов. Він зумовлює різницю в чисельності і біомасі основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів. Найбільші величини мікробної біомаси (13 т/га у шарі ґрунту 0-20 см), співвідношення грибного і бактеріального компонентів (у межах 0,9-2,5), високі значення мікробного пулу (коефіцієнт розриву 0,56-0,77) виявлені в екосистемах передгірського поясу. В екосистемах мішаних лісів нижнього гірського поясу переважає біомаса бактеріальних і грибних популяцій, співвідношення біомаси ґрунтових грибів і бактерій не перевищує 0,02-0,4 за умов загального її запасу 8 т/га.

3. Упродовж року вміст мікробіоти у підстилках і ґрунтах піддається помітним коливанням, що віддзеркалюють сезонні режими погоди. Ступінь стабільності мікробних популяцій зумовлений специфікою їх внутрішніх і зовнішніх взаємозв'язків. У ґрунтах високогірських екосистем коефіцієнт множинної кореляції між компонентами мікробних угруповань дорівнював 0,49, а з урахуванням факторів природного середовища - 0,63. У ґрунтах екосистем інших поясів він зростає до 0,71-0,89.

Стан ґрунтових мікроорганізмів у природних екосистемах є підстави розглядати як основу для визначення їх норм-мір, що проявляються через амплітуду флуктуацій мікробних популяцій і величину середньоквадратичного відхилення за певний проміжок часу. Нормою за вегетаційний період для оліготрофних мікроорганізмів екосистем передгірського й нижнього гірського поясів є відхилення від середніх величин на 28% у маловодний, 40% - середньоводний, 50% - багатоводний роки; евтрофних мікроорганізмів - відповідно 50%, 60%, 70%.

4. Біологічна активність ґрунтів природних екосистем досить висока у дібровах і бучинах, нижча - у буково-ялицевих раменах і зовсім низька - у кедрово-смерекових суборях. В екосистемах листяних і мішаних лісів формуються порівняно невеликі (до 9 т/га) запаси підстилки за високої продуктивності насаджень, значності активності ґрунтових ферментів, інтенсивності процесів амоніфікації і виділення CO_2 ґрунтами. У чистих шпилькових лісах спостерігається сповільнення мікробіологічних процесів і затримання у розкладі органічних речовин (запас підстилки - до 19 т/га). Для високогірських екосистем характерна незбалансованість внутрішнього обігу речовин, домінування грибно́ї біомаси та послаблення функціональної активності бактеріальних популяцій.

5. Мінеральні добрива не спричиняють депресії в розвитку ґрунтової мікробіоти і не порушують структури мікробоцспозів у ґрунтах лісових екосистем. Під впливом добрив підвищується кількість та активність переважаючої більшості еколого-трофічних груп мікроорганізмів, зростає біомаса (до 20-24 т/га) і продуктивність бактерій (число генерацій за 1 місяць становить 7,5-7,7), активізуються процеси розкладу целюлози, амоніфікації, нітрифікації, посилюється виділення ґрунтом CO_2 . Найсприятливіші умови для розвитку мікроорганізмів створюються за умов одночасного внесення аміачної селітри, суперфосфату та вапна ($\text{N}_{90}\text{P}_{60}$ + вапно 3 т/га).

Дія гербіцидів симазину, зеазину та атразину у рекомендованих (2-7 кг на 1 га) дозах не зумовлює істотного порушення життєдіяльності ґрунтових мікробних ценозів. З часом мікробні асоціації поступово відновлюються у співвідношеннях, характерних для даного типу ґрунту.

6. Раптова зміна мікрокліматичних, гідрологічних, ґрунтових і фітоценотичних умов, порушення властивих для угруповання біогеоценотичних зв'язків у разі проведення суцільних рубок лісу і наступна зміна складу та маси рослинного покриву спричиняють зсуви мікробіологічних процесів, вторинні сукцесії мікробних ценозів підстилок і ґрунтів. Збільшується чисельність стрептоміцетів, стає менше представників мукових грибів (*Mucor*, *Mortierella*) і зростає кількість представників роду *Trichoderma*, різко підвищується вміст амоніфікаторів. Серед спорових форм збільшується кількість *Vac. agglomeratus* і *Vac. mycoides*, зменшується чисельність *Vac. cyanogenes*. Під впливом рубок догляду і поступових рубок активізується життєдіяльність ґрунтової мікрофлори, підвищується активність ґрунтових ферментів, що сприяє

повніший і глибший мінералізації органічних речовин, гуміфікації ґрунту і забезпеченню рослин елементами мінерального живлення.

7. Прокладання газопроводів у Карпатах, що супроводжується повним знищенням лісової підстилки, ґрунтового покриву та деформацією ґрунтів, є потужним засобом антропогенного впливу на лісові біогеоценози і їх мікробіологічний режим. Лише через 20 років біологічна активність верхніх горизонтів ґрунту порушених лісових екосистем помітно відновлюється, зростає чисельність і біомаса мікроорганізмів, стає достатньо насиченим і різноманітним склад ґрунтових асоціацій, характерних для зональних ґрунтів, збільшується їх функціональна активність. Це дозволяє розглядати ґрунтові мікробоценози не лише як біотичний фактор у формуванні лісових екосистем, але й як важливий показник їх стану.

8. Рекреаційні навантаження, поряд із зміною рослинного покриву і фізико-хімічних властивостей ґрунтів, впливають і на ценози ґрунтових мікроорганізмів. На ділянках з максимальним рекреаційним навантаженням знижується видова різноманітність мікробних асоціацій, зменшується біомаса міцелію грибів. Рідше трапляються види *Penicillium herquei*, *P. funiculosum*, *P. frequentans* й особливо *Mortierella ramanniana* у порівнянні з контрольною ділянкою. Ці показники мають бути введені до системи оцінки рекреаційного порушення лісових екосистем.

9. Розроблено систему індикаційних мікробіологічних показників для оцінки стану наземних екосистем за різних форм антропогенного впливу. До числа найчутливіших тестів, придатних для діагностики початкових стадій руйнації екосистем, належать реакції мікробних популяцій у порівнянні з показниками їх у зональних ґрунтах. Зміна чисельності, складу та активності екологічно-трофічних груп мікроорганізмів поглиблюється в разі посилення антропогенного впливу. Ці тести доцільно використовувати на пізніших стадіях руйнації екосистем.

10. Багаторічні техногенні навантаження у зонах дії хімічних підприємств Прикарпаття погіршують фізико-хімічні і біологічні властивості ґрунтів, негативно впливають на стан і продуктивність лісових фітоценозів, порушують існуючу у біогеоценозах рівновагу і трансформуються у провідний екологічний фактор, що визначає тенденції розвитку ґрунтових мікробо- і зооценозів, інтенсивність і спрямованість здійснюваних ними процесів. Це дозволяє розглядати ґрунтову біоту як один з діагностичних показників типу і ступеня забруднення ґрунтів. Визначено діючий механізм впливу аеротехногенного забруднення на ґрунтовий мікробний ценоз. На

початкових етапах техногенного забруднення різко зменшується (у 3-9 разів в порівнянні з контрольними показниками) загальна кількість і пул мікроорганізмів, спостерігається пригнічення мікробіологічних процесів у результаті прямого токсикозу ґрунту. З часом частина мікробних асоціацій адаптується до нових екологічних умов середовища; підвищується вміст оліготрофів і мікроорганізмів, які споживають азот мінеральних сполук, і фактором, що визначає їх чисельність, структуру і стримує прояв потенційної активності, стає дефіцит живлення - наслідок опосередкованого впливу забруднення. Найбільш чутливими індикаторами забруднення є співвідношення еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів, зміни їх видової різноманітності, а також амоніфікуючі, нітрифікуючі та аеробні целюлозоруйнівні бактерії, азотобактер, окремі роди і види ґрунтових грибів. Їх доповнюють функціональні показники інтенсивності виділення ґрунтом CO_2 , активності ґрунтових ферментів.

11. Уперше для умов Прикарпаття запропонована оцінка техногенного впливу на ґрунтові мікроорганізми шляхом порівняння їх реакцій з природною нормою-мірою. Критерієм ступеня техногенної дії прийняті відхилення значень мікробіологічних показників стосовно відповідних меж їх норми. У техногенно порушених екосистемах мікробіологічні реакції на хронічну дію токсикантів знаходилися переважно у межах природних норм за показниками чисельності основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, або виходили за межі норм на 100% і більше за показниками структури мікробних ценозів, головним чином, за співвідношеннями грибних і бактеріальних популяцій.

12. Розширено засоби контролю стану природного середовища у зоні ККО за деякими зоокомпонентами. Виявлено перегрупування домінуючих видів окремих безхребетних під впливом забруднення. Зокрема, зменшується біомаса і збіднюється видовий склад турунів, стафілінід і дощових черв'яків, зникає індикаторний вид великого туруна *Carabus coriaceus*, а два інших характерних види - *Carabus violaceus* і *Carabus nemoralis* - різко зменшують свою чисельність.

13. Розроблені методи (тривалий контроль та експрес-метод), придатні для оперативного контролю забруднення ґрунтів (за реакціями мікробних популяцій і структурою ІМУ). Виявлені основні критерії ідентифікації рівнів техногенного навантаження на екосистему за комплексом реакцій ґрунтових мікробних ценозів. Заереєстровано зміни, виявлені у стані наземних екосистем, в разі техногенного навантаження, й оцінено їх з позицій ґрунтової мікро-

біології та екології. У процесі досліджень запропоновано спосіб виявлення зон впливу хімічних підприємств на довкілля, розроблено принципи еколого-мікробіологічного моніторингу наземних екосистем, що можуть бути використані для біотестування змін, контролю і прогнозу стану природного середовища.

14. Високий рівень кореляції між ступенем забруднення довкілля і показниками специфічних захворювань населення розглядається як біоіндикатор найвищого рангу, який скеровує на активне впровадження розроблених систем біотестів еколого-мікробіологічного моніторингу в Карпатському регіоні.

Список праць, що опубліковані за темою дисертації

1. Биологическая активность почв в условиях антропогенного воздействия / В.П. Стефурак, А.С. Усатая, Н.И. Фрунзе, Э.А. Катрук / Под. ред. Г.В. Меренюка. - Кишинев: Штиинца, 1990. - 215 с.
2. Стефурак В.П. Использование биологической активности почв для определения загрязнения их выбросами предприятий химической промышленности // Методические рекомендации. - Ивано-Франковск, 1990. - 23 с.
3. Методичні рекомендації використання мінеральних добрив у лісах та лісових культурах України // Пастернак П.С., Смольянінов І.І., Угаров В.М., Рябуха Є.В., Стефурак В.П., Завалько Ф.П. - Харків, 1980. - 15с.
4. Методические рекомендации по технологиям и системам применения удобрений в лесном хозяйстве Украинских Карпат и прилегающих территорий // Пастернак П.С., Приходько Н.Н., Слободян Я.Н., Стефурак В.П., Скиба В.В., Рьжило Л.Е. - Мукачево, 1987. - 64 с.
5. Стефурак В.П. Биологическая активность дерново-подзолистых почв в условиях аэротехногенного загрязнения в Прикарпатье // Микробиологический журнал. - 1988. - 50, №1. - С. 7-11.
6. Стефурак В.П. Влияние промышленных выбросов магниевого завода на биологическую активность почвы // Микробиологический журнал. - 1990. - 52, №4. - С. 93-98.
7. Стефурак В.П. Биологическая активность почвы в зоне действия аэротехногенного загрязнения // Микробиологический журнал. - 1991. - 53, №6. - С. 27-34.
8. Стефурак В.П. Микробиологические аспекты повышения продуктивности лесных насаждений в различных типах леса Украинских Карпат // Аллелопатия и продуктивность растений. - К.: Наукова думка, 1990. - С. 78-84.
9. Стефурак В.П. Екологічні та медичні аспекти аеротехногенного забруднення довкілля Калуським концерном "Хлорвініл" // Галицький лікарський вісник. - 1994. - 1, N1. - С. 68-70.
10. Стефурак В.П. Почвенная микрофлора антропогенно нарушенных наземных экосистем на трассах газопроводов в Карпатах // Микробиологический журнал. - 1989. - 51, №2. - С. 12-17.
11. Стефурак В.П. Особенности состава и распространения микроскопических грибов в горно-лесных почвах Украинских Карпат // Лесоводство и агролесомелиорация. - К.: Урожай, 1979. - В. 53. - С. 58-63.
12. Бачинський І.В., Стефурак В.П. Мікробіологічний моніторинг стану наземних екосистем і особливості перебігу та лікування гострих риносинуситів в умовах газопилового забруднення нав-

- колишнього середовища // Галицький лікарський вісник. - 1995. - №1. - С. 41-43.
13. Егорова С.В., Стефурак В.П. Влияние удобрений на численность, биомассу и продуктивность бактерий в горно-лесных почвах Карпат // Закономерности развития почвенных микроорганизмов. - Л.: Наука, 1975. - С. 126-136.
14. Пастернак П.С., Стефурак В.П., Задорова Г.Г. Эффективность минеральных удобрений в ельниках и бучинах северных мегасклонов Украинских Карпат // Лесоводство и агролесомелиорация - К.: Урожай, 1978. - Вып. 51. - С. 34-38.
15. Пастернак П.С., Стефурак В.П. Динамика численности и групповой состав актиномицетов в лесных почвах Украинских Карпат // Лесоводство и агролесомелиор.-К.: Урожай, 1980.-В.58.-С.64-68.
16. Стефурак В.П. Мікрофлора ризосфери ялинового насадження, ураженого *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst // Мікробіологічний журнал. - 1976. - 38, №3. - С. 279-282.
17. Стефурак В.П. Влияние промышленного загрязнения на почвенную микрофлору // Микробные сообщества и их функционирование в почве. - К.: Наукова думка, 1981. - С. 158-160.
18. Стефурак В.П. Способ выявления зон влияния промышленного предприятия на окружающие территории // Научные основы гигиены окружающей среды / Информ. письмо.-К., 1989.-В.4.-4 с.
19. Биологическая активность дерново-подзолистых почв в сфере действия газопылевых выбросов промышленных предприятий / В.П.Стефурак. - К., 1988. - 8 с. - Деп. в УкрНИИТИ 05.01.88, №106 - Ук 88.
20. Синицына Н.И., Стефурак В.П. Влияние промышленных выбросов Калушского концерна "Хлорвинил" на некоторые показатели ферментативной активности почвы // Микробиологический журнал. - 1994. - 56, N2. - С. 107-108.
21. Стефурак В.П. Биологическая активность лесных почв антропогенно нарушенных биогеоценозов на трассах газопроводов в Карпатах // Матеріали III Міжнар. конф. "Франція та Україна, науково-практичний досвід у контексті діалогу національних культур" - Дніпропетровськ: ДДУ, 1996. - Т.2. - Ч.1. - С. 53-55.
22. Стефурак В.П. Зміна комплексу ґрунтових мікроорганізмів на різних стадіях розкладу рослинних решток // Наук. зап. Держ. природознавчого музею НАН України. - Львів, 1996. - Т. 12. - С. 57.
23. Стефурак В.П. Биологическая активность почв естественных и антропогенных экосистем Украинских Карпат и Прикарпатья // Микробиологический журнал. - 1994. - 56, №1. - С. 103.
24. Стефурак В.П., Стефурак Р.В. Целюлозоруйнуюча здатність лісових ґрунтів Українських Карпат // Наук. зап. Державного природознавчого музею НАН України. - Львів, 1996. - Т. 12. - С.57-58.
25. Стефурак В.П. Про ґрунтову мікрофлору в смерековому насадженні при внесенні мінеральних добрив // Досягнення ботанічної науки на Україні. - К.: Наукова думка, 1976. - С. 79-80.
26. Стефурак В.П. Оцінка стану наземних екосистем за зміною структури мікробних ценозів при антропогенній дії // Здоров'я та відтворення народу на Прикарпатті. - Івано-Франківськ, 1992. - С. 140-142.
27. Стефурак В.П. Мікробіологічна оцінка стану оточуючого середовища і прогноз його можливих змін під впливом антропогенного фактора. // Там само. - С. 137-139.
28. Стефурак В., Шутак В., Телюк П., Синицина Н. Біоіндика-

ція аеротехногенного забруднення дерново-підзолистих ґрунтів в умовах Прикарпаття // Там само. - С. 143-145.

29. Стефурак В.П., Стефурак Р.В. Моніторинг забруднення наземних екосистем за мікробіологічними тестами // Здоров'я та відтворення народу Прикарпаття. - Івано-Франківськ, 1993. - С. 89.

30. Стефурак В.П. Оцінка антропогенного порушення наземних екосистем за мікробіологічними тестами // Екологія Карпатського регіону. - Івано-Франківськ, 1992. - С. 93-94.

31. Стефурак В., Стефурак М. Структура та функціональний стан мікробного компонента в наземних екосистемах при аеротехногенному забрудненні // Там само. - С. 95-97.

32. Стефурак В.П. Зміна комплексу ґрунтових мікроорганізмів під впливом техногенних викидів // Там само. - С. 91-92.

33. Ковальчук Л.Є., Стефурак В.П., Шутак В.І., Телюк П.Н., Синицина Н.І., Случик В.М. Екогенетичні аспекти антропогенного забруднення окремих регіонів Прикарпаття // 36. наук. пр. Івано-Франківської державної медичної академії. - Івано-Франківськ, 1995. - С. 43-44.

34. Стефурак В.П. Вплив мінеральних добрив на інтенсивність мікробіологічних процесів в лісових ґрунтах і ріст ялинових насаджень // Дос. бот. науки на Україні. - К.: Наукова думка, 1977. - С. 212-213.

35. Егорова С.В., Стефурак В.П. Динамика численности и биомассы бактерий в лесных почвах и влияние на нее влажности, температуры и удобрений // Труды науч. симпоз. "Динамика микробиологических процессов в почве и обуславливающие её факторы" - Таллинн, 1974. - С. 95-97.

36. Стефурак В.П. Численность, биомасса и продуктивность бактерий горно-лесных почв Карпат под еловыми насаждениями // Труды V Всесоюз. съезда микробиол. об-ва. - Ереван, 1975. - С. 7-8.

37. Стефурак В.П. Активність ґрунтової мікрофлори лісового біогеоценозу в зв'язку з удобренням // Матеріали I Респуб. нар. "Біогеоценологічні дослідження на Україні" - Львів: Вільна Україна, 1975. - С. 113-114.

38. Стефурак В.П. Деградація екосистем в умовах аеротехногенного забруднення // Тези науч.-прак. конф. - Івано-Франківськ, 1989. - С. 119.

39. Стефурак В.П., Стефурак Р.В. Микрофлора лесных биогеоценозов Украинских Карпат // Труды II Республ. совещ. "Биогеоценология, антропогенные изменения растительного покрова и их прогнозирование" - К.: Наукова думка, 1978. - С. 50-51.

40. Стефурак В.П. Промышленные выбросы как фактор воздействия на микробные сообщества почв // Труды VII съезда Всесоюз. микробиол. об-ва. "Достижения микробиологии - науке" - Алма-Ата: Наука Казах. ССР, 1985. - Т. 6. - С. 175.

41. Стефурак В.П. Здоровье населения как комплексный показатель состояния окружающей среды в зоне действия химического предприятия // Матеріали III Міжнар. конф. "Франція та Україна, науково-практичний досвід у контексті діалогу національних культур" - Дніпропетровськ: ДДУ, 1996. - Т. 2. - Ч. 1. - С. 55-57.

42. Стефурак В.П. Активность почвенной микрофлоры в связи с типом лесорастительных условий в Карпатах // Труды IV съезда микробиологов Украины. - К.: Наукова думка, 1975. - С. 72.

43. Пастернак П.С., Смольянинов И.И., Угаров В.Н., Стефурак В.П. Система методов биодиагностики почвенной трофности // Труды Всесоюз. сов. "Биологическая диагностика почв" - М.: Наука, 1976. - С. 207-208.

44. Стефурак В.П., Пастернак П.С., Стефурак Р.В. Влияние

минеральных удобрений на микробный ценоз и продуктивность ельников Карпат // Труды Всесоюз. конф. "Формирование эталонных насаждений" - Каунас-Гирионис, 1979. - Ч. II. - С. 81-84.

45. Стефурак В.П. Особенности распространения и состава актиномицетов в горно-лесных почвах Украинских Карпат // Труды V съезда Укр. микробиол. об-ва, Днепропетровск, 1980.-С.135.

46. Стефурак В.П. Влияние техногенного загрязнения на численность и состав микробных сообществ почв // Труды Республ. конф. "Структура и функции микробных сообществ почв с различной антропогенной нагрузкой" - К.: Наукова думка, 1982. - С.230-231.

47. Стефурак В.П. Микробиологическая активность почв при техногенном загрязнении // Труды VI съезда Укр. микробиол. об-ва. - К.: Наукова думка, 1984. - Ч. 2. - С. 46.

48. Стефурак В.П., Стефурак Р.В. Микробные ценозы и интенсивность микробиологических процессов в лесных почвах // Труды республ. конф. "Микробиологические процессы в почвах и урожайность с.-х. культур" - Вильнюс, 1986. - С. 351-353.

49. Стефурак В.П., Стефурак Р.В. Динамика биологической активности лесных почв природных биогеоценозов Украинских Карпат и Прикарпатья // Труды III Всесоюзн. симпоз. "Биодинамика почв" - Таллинн, 1988. - С. 153.

50. Стефурак В.П. Влияние минеральных удобрений на микробиологический режим лесных почв // Труды VI съезда Всесоюзн. микробиол. об-ва. "Микроорганизмы и продуктивность сельского хозяйства" - Рига, 1980, - Т. 5. - С. 123.

51. Стефурак В.П. Биологическая активность почв в условиях аэротехногенного загрязнения // Труды III Всесоюзн. науч. конф. "Микроорганизмы в с.-х." - М.: Изд-во МГУ, 1986. - С. 119.

52. Стефурак В.П., Синицына Н.И. Изменение структуры микробных ценозов и ферментативной активности почв в условиях аэротехногенного загрязнения // Труды II Всесоюзн. совещ. "Общие проблемы биоценологии" - М.: АН СССР, 1986. - Ч. II. - С. 51-52.

53. Стефурак В.П., Пастернак П.С. Почвенная микрофлора и её роль в устойчивости лесных экосистем Украинских Карпат // Труды науч.-техн. конф. "Охрана лесных экосистем" - Львов: Запад. НЦ АН УССР, 1986. - С. 74-75.

54. Стефурак В.П. Микробиологическая характеристика заповедных экосистем в Карпатах // Труды науч.-прак. конф. "Проблемы изучения и охраны заповедных экосистем" - Рахов, 1998. - С. 137-138.

55. Стефурак В.П. Азотфиксирующая активность дерново-подзолистых почв Прикарпатья в условиях газоцеппелевого промышленного загрязнения // Труды Респ. науч. конф. "Симбиотрофные азотфиксаторы и их использование в с.-х." - К., 1987. - С. 89-91.

56. Стефурак В.П. Микофлора горно-лесных почв Украинских Карпат в различных типах леса // Труды VIII съезда Укр. ботанич. об-ва. - К.: Наукова думка, 1987. - С. 92-93.

57. Стефурак В.П. Биологическая активность почв рекультивируемых ландшафтов на трассах газопроводов в Карпатах // Труды VII съезда Укр. микробиол. об-ва. - Киев-Черновцы, 1989.-Ч. I. - С. 231.

58. Стефурак В.П. Использование микробиологических параметров для оценки техногенного воздействия на почву // Труды науч. конф. "Гигиена окружающей среды" - К., 1993. - С. 100-103.

59. Стефурак В.П. Изменение биологической активности почв

при антропогенном загрязнении // Труды VIII Всесоюзн. съезда почвоведов. - Новосибирск: СО АН СССР, 1989. - Кн. 2. - С. 333.

60. Стефурак В.П. Микробиологическая оценка состояния окружающей среды при антропогенном загрязнении // Труды Республ. науч. конф. "Гигиена окружающей среды" - К., 1989. - С. 47-48.

61. Стефурак В.П. Мікрофлора ризосфери головних аборигенних лісоутворювачів Українських Карпат // Тези доп. наук.-практ. конф. "Лісова селекція, насінництво та інтродукція в Українських Карпатах" - Івано-Франківськ, 1993. - С. 151-153.

62. Стефурак В.П. Вплив газопилових викидів хімічних підприємств Прикарпаття на ґрунтову мікрофлору // Матеріали ІХ з'їзду Укр. ботаніч. тов.-ва. - К., 1992. - С. 461-462.

63. Стефурак В.П. Биологическая активность почвы в зоне воздействия аэротехногенного загрязнения // Труды XI Всесоюзн. науч. конф. "Биологическая роль микроэлементов и их применение в с.-х. и медицине" - Самарканд: Изд-во СамГУ, 1990. - С. 62-64.

64. Стефурак В.П., Стефурак Р.В. Аллелопатическое воздействие древесных пород на микрофлору горно-лесных почв Украинских Карпат // Труды науч. конф. "Фитонциды. Бактериальные болезни растений" - К., 1990. - С. 92.

65. Стефурак В.П. Оценка аэротехногенного загрязнения наземных экосистем с помощью микробиологических тестов // Труды VII съезда Укр. микробиол. об-ва. - Киев-Черновцы, 1989. - Ч. 1. - С. 231-232.

66. Стефурак В.П. Биологическая активность как индикатор загрязнения почв промышленными выбросами // Труды I Всесоюзн. науч. конф. "Растения и промышленная среда" - Днепропетровск, 1990. - С. 181-182.

67. Стефурак В.П. Микробиологические аспекты охраны почв в зоне воздействия аэротехногенного загрязнения // Труды III съезда почвоведов и агрохимиков УССР, "Мелиорация и охрана почв" - Харьков, 1990. - С. 232-233.

68. Стефурак В.П., Стефурак Р.В. Влияние рекреационных нагрузок на изменение биологической активности и плодородия лесных почв // Труды II Республ. науч. конф. "Микробиология в сельском хозяйстве" - Кишинев: Штиинца, 1991. - С. 39.

69. Стефурак В.П. Состояние микробного компонента в наземных экосистемах зоны воздействия химического предприятия // Труды науч. конф. "Биология почв антропогенных ландшафтов" - Днепропетровск: ДГУ, 1995. - С. 30.

70. Стефурак В.П. Изменение структуры и функций комплекса почвенных микроорганизмов в рекреационно нарушенных биогеоценозах // A III-a conferinta nationala, Rezumatele lucrarilor "Microorganismele si metabolitii lor in economia nationala" Chisinau, 1996. - P. 49-50.

71. Стефурак В.П. Использование микробиологических тестов для оценки состояния наземных экосистем в условиях антропогенного загрязнения // Труды I междунар. науч.-практ. конф. "Устойчивое развитие: Загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность" - Днепропетровск, 1995. - Т. 2. - С. 91.

72. Стефурак В.П. Экомониторинг и вопросы биоиндикации состояния наземных экосистем // 2nd Practical Conference, Conference Abstracts "Sustainable development: System analysis in ecology" - Sevastopol, 1996. - P. 89-90.

Стефурак В.П. Біологічна індикація стану наземних екосистем Українських Карпат і Прикарпаття в умовах антропогенного впливу. - Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 - екологія. - Дніпропетровський державний університет, Дніпропетровськ, 1997.

Дисертація присвячена питанням встановлення структурно-функціональної організації ґрунтових мікробних ценозів наземних екосистем Українських Карпат і Прикарпаття в природному стані і за умов антропогенного впливу. Узагальнено експериментальний матеріал, встановлені найбільш інформативні і чутливі мікробіологічні тести на різні форми антропогенного навантаження. Запропоновані способи біологічної індикації стану наземних екосистем в умовах антропогенного впливу. Розроблено та обґрунтовано еколого-мікробіологічний моніторинг наземних екосистем, що дозволяє контролювати і прогнозувати зміни їх стану у зоні аеротехногенного забруднення. Основні результати праці знайшли впровадження в народному господарстві, природоохоронних екологічних заходах, навчальному процесі.

Ключові слова: екосистема, мікробні ценози, популяція, антропогенний вплив, аеротехногенне забруднення, біоіндикація, моніторинг.

Стефурак В.П. Биологическая индикация состояния наземных экосистем Украинских Карпат и Прикарпаття в условиях антропогенного воздействия. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.00.16 - экология. - Днепропетровский государственный университет, Днепропетровск, 1997.

Диссертация посвящена вопросам установления структурно-функциональной организации почвенных микробных ценозов наземных экосистем Украинских Карпат и Прикарпаття в естественном состоянии и при антропогенном воздействии. Обобщен экспериментальный материал, установлены наиболее информативные и чувствительные микробиологические тесты на разные виды антропогенной нагрузки. Предложены способы биологической индикации состояния наземных экосистем в условиях антропогенного пресса. Разработан и обоснован эколого-микробиологический мониторинг наземных экосистем, позволяющий контролировать и прогнозировать изменения их состояния в зоне аеротехногенного загрязнения. Основные результаты работы нашли применение в народном хозяйстве, природоохранных экологических мероприятиях, учебном процессе.

Ключевые слова: экосистема, микробные ценозы, популяция, антропогенное воздействие, аеротехногенное загрязнение, биоиндикация, мониторинг.

Stefurak V.P. A Biologic Indication of the Ukrainian Carpathian and Precarpathian Ground Ecosystems Conditions Affected Anthropogenically. - Manuscript.

The dissertation to obtain the degree of Doctor of Science (biology) in speciality 03.00.16 - ecology. - Dnipropetrovsk State University, Dnipropetrovsk, 1997.

The dissertation deals with some problems to determine the structural and functional organization of the soil microbial cenoses of the Ukrainian Carpathian and Precarpathian ground ecosystems both in their natural condition and when affected anthropogenically. The experimental material has been summarized, the most informative and sensitive microbiological tests on different types of anthropogenic exertion have been determined. The ways of the ecosystems condition biological indication affected by anthropogenic press have been suggested. A microbiological monitoring of ground ecosystems enabling control and prognosis of their condition changes in a zone of aerotechnogenic pollution has been established and substantiated. Main results of the research have been implemented in the economy, nature-preserving ecologic measures as well as in the academic process.

Key words: ecosystem, microbial cenoses, population, anthropogenic effect, aerotechnogenic pollution, bioindication, monitoring.

430960

Ав 39.078

Підписано до друку 10.11.1997 р.

Ум. друк. арк. 2.00. Формат 60x90/16

Наклад 100 пр. Зам. 100.

Івано-Франківська державна медична академія,
284000, м.Івано-Франківськ, вул.Галицька, 2