МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту

«___» _____ 2023 року
Зав. кафедри, к. с.-г. н.,
доцент
_____Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ОЦІНКА ЛІХЕНОФЛОРИ ЯК ІНДИКАТОРА СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ М. УМАНЬ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 21м-ек
спеціальності 101 Екологія
ЧЕРНОВА Регіна Юріївна

Керівник: ВАСИЛЕНКО Ольга, к. с.-г. н.,
доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВСТУП……4

РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БІОІНДИКАЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)……...8

1.1. Аналіз світового наукового досвіду використання методу біоіндикаціїдляоцінки забруднення атмосферного повітря.....8

1.2. Метод біоіндикації у вітчизняних дослідженнях……...15

1.3 Ліхеноіндикація як метод оцінки стану атмосферного повітря……..18

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБЄКТИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ……25

2.1. Характеристика досліджуємого об’єкта та основних джерел забруднення атмосферного повітря м. Умань……...25

2.2. Методи дослідження стану атмосферного повітря м. Умань за допомогою ліхеноіндикації……..29

2.3. Охорона праці при проведенні досліджень……32

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ……34

3.1. Визначення рівня забруднення атмосфери автотранспортом м. Умань ..34

3.2. Обгрунтування результатів дослідження стану атмосферного повітря м. Умань за допомогою ліхеноіндикації по ліхеноіндикаційним зонам……..39

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ……43

4.1. Екологічне обґрунтування доцільності використання методу ліхеноіндикації……...43

4.2. Оцінка витрат на моніторинг повітря засобами ліхеноіндикації……...45

ВИСНОВКИ……..50

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……54

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

СГ – суб`єкт господарювання

СЄУ – стратегічна екологічна оцінка

ООН – Організація Об`єднаних націй

РКЗК – Рамкова Конвенція ООН

І.Ч.П – Індекс Чистоти Повітря

ВСТУП

Проблема забруднення навколишнього природного середовища - одна з глобальних проблем сучасності. У зв'язку з активним розвитком індустріальних центрів, промисловості, транспорту в атмосферу потрапляє велика кількість забруднюючих речовин. Найгострішою екологічною проблемою міст є проблема забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих речовин підприємств. Впливає антропічний актор біорізноманіття біогеоценозів.

В атмосферному повітрі містяться десятки різноманітних забруднюючих речовин, які є токсичними та шкідливо діють як на людину, так і на інші живі організми, тому в містах і на прилеглих до підприємств територіях, створюють системи контролю за забрудненням та концентраціями. Але, вони мають певні недоліки, тому що результати, які отримують завдяки застосуванню спеціальних приладіви повідомляють про стан атмосферного повітря лише на даний момент і фрагментарно, оскільки мережа систем контролю недостатньо густа, а її розширення обмежене через високу вартість відповідних приладів.

Розвиток промисловості та нераціональне використання природних ресурсів призводять до поступової деградації навколишнього середовища, від якої безпосередньо залежить стан і життя людини. Постійні викиди SO_2, CO_2, H_2S та інших летких речовин автотранспортом, викиди заводів і підприємств призводять до забруднення атмосферного повітря. Посилення антропогенного впливу на довкілля призводить до негативних змін у структурі, продуктивності та функціонуванні екосистем і біосфери в цілому.

Протягом останніх років спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у атмосферному повітрі. Урегулювання цієї проблеми та пошук шляхів оптимізації якості атмосферного повітря залежить від наявної інформації про його стан.

30 вересня 2019 року Президент України видав Указ «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», в якому було підтримано забезпечення досягнення глобальних цілей сталого розвитку та результатів їх адаптації з урахуванням специфіки розвитку України. Для досягнення сталого розвитку надзвичайно важливо гармонізувати три основні взаємопов'язані елементи: економічне зростання, соціальну інтеграцію та охорону навколишнього середовища. Що мають вирішальне значення для добробуту як окремих людей, так і суспільства.

Запровадження міжнародних стандартів систем екологічного управлінняна підприємствах і в компаніях, впровадження системи екологічного управління (СЕУ) в Україні відповідно до вимог ДСТУ ISO14001:2015 сприятиме розвитку системи управління навколишнім природним середовищем та реалізації в Україні міжнародних природоохоронних ініціатив задля сталого розвитку.

Розроблення моніторингу систем управління екологічною безпекою суб’єктів господарювання є невід’ємною та обов’язковою складовою на всіх етапах упровадження та функціонування СЕУ. Застосування методів біотестування та біоіндикації, як додаткових інструментів моніторингових досліджень під час розроблення, впровадження та функціонування СЕУ, дасть змогу отримувати більш повну інформацію про стан природних компонентів довкілля в межах впливу суб’єктів господарювання (СГ).

Зважаючи на вищенаведене, актуальність теми досліджень сумніву не викликає, оскільки з одного боку вона спрямована на розробку методології оцінки рівня розвитку систем управління екологічною безпекою СГ, на поєднаннявизначення комплексного критерію контролю екологічної діяльності СЕУ та вибору типу моделі СЕУ за ефективністю функціонування, а з другого боку стосується розробки наукових основ забезпечення застосування додаткових методів моніторингу для контролю екологічної діяльності СГ, зокрема методів біоіндикації.

Сучасні хімічні та фізико-хімічні методи оцінки стану довкілля не можуть показати сумарної дії забруднювачів довкілля, на відміну від методів біоіндикації, які дозволяють отримати інформацію як про короткочасну, так і про тривалу дію шкідливої речовини, оскільки живі організми є чутливими сенсорами забруднення довкілля, тому актуальності набувають дослідження, що спрямовані на біоіндикаційну оцінку стану навколишнього середовища та біомоніторинг урбанізованих систем і тому, нами з цією метою за допомогою ліхеноіндикації здійснено оцінку екологічного стану атмосферного повітря м. Умань.

Метою дослідження є визначення рівня забруднення атмосферного повітря м. Умань методом ліхеноіндикації.

Відповідно до поставленої мети в дослідженні сформульовані наступні **завдання**:

1. Здійснити аналіз наукових праць з питання екологічних основ біоіндикації.
2. Ознайомитится з умовами, об’єктами та методикою проведення досліджень.
3. Виконати діагностику рівня забруднення атмосферного повітря м. Умань методом ліхеноіндикації та здійснити аналіз отриманих результатів дослідження.
4. На підставі отриманих результатів дослідження провести екологічний аналіз стану атмосферного повітря та здійснити еколого-економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Об’єктом дослідження є процес оцінки стану атмосферного повітря за допомогою методу ліхеноіндикації в зоні дослідження.

Предметом дослідження є особливості використання методу ліхеноіндикації з метою оцінки стану забрудненості атмосферного повітря.

Методи дослідження:

- теоретичний метод дослідження, що включає комплексний науковий аналіз літературних джерел;

- практичний метод дослідження, що включає проведення досліджень і спостережень, обробка та узагальнення отриманих дослідження та науково-теоретичні дані.

Практичне значення результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані для екологічного моніторингу стану атмосферного повітря м. Умань. Результати досліджень можуть бути використані під час розробки екологічного паспорта міста

Практичне значення дослідження також полягає в тому, що результати досліджень можуть бути використані студентами під час вивчення дисциплін «Біоіндикація», «Охорона атмосферного повітря», «Моніторинг довкілля».

Апробація отриманих результатів: Основні положення і результати досліджень обговорені й одержали схвалення на науковій конференції студентів та магістрантів Уманського національного університету садівництва за підсумками науково-дослідної роботи у навчальному році.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 60 сторінках друкованого тексту та складається зі змісту, вступу, розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 68 найменувань.

РОЗДІЛ 1
ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БІОІНДИКАЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Аналіз світового наукового досвіду використання лишайників дляоцінки забруднення атмосферного повітря

Охорона навколишнього середовища в наш час є першочерговим завданням. На забруднення навколишнього середовища першими реагують живі організми, тому вчені рекомендують оцінювати рівень забруднення на основі спостережень за біологічними об’єктами – біоіндикаторами. Цей метод отримав назву «біоіндикація». Біоіндикація має ряд переваг перед іншими методами, вона має високу ефективність, не потребує великих фінансових витрат і дає можливість характеризувати стан навколишнього середовища за тривалий період часу.

Закордонні дослідники в своїх дослідженнях зазначають, що негативні зміни параметрів середовища в результаті діяльності СГ потребують вдосконалення моніторингу ефективного функціонування механізмів попередження та зменшення впливу СГ на стан навколишнього середовища. Встановлено, що незважаючи на широкий спектр біоіндикації для практики під час проведення моніторингу систем управління навколишнім середовищем суб'єктів господарювання немає жодного підходу до їх реалізації шляхом використання впливу різних біоіндикаторів, які реагують на сполуки, що надходять до компонентів навколишнього середовища та розкривають ступінь токсичності природних компонентів у межах санітарно -захисної зони СГ (суб`єкт господарювання), тому дослідження цього розділу присвячене механізму застосування методів біоіндикації для контролю екологічної діяльності та оцінки ефективності функціонування СЕУ (система екологічного управління) є актуальним і потребує вирішення [46, с. 196].

За результатами аналізу сучасного стану науково- технічних досягнень з питань збалансованого розвитку суспільства з огляду на його політичну, економічну, екологічну та соціальну складові, простежено еволюцію поглядів на економічне зростання та збалансований розвиток, розглянуто питання необхідність формування нової соціально- еколого -економічної моделі розвитку суспільства. На сьогодення міжнародні організації, яка займаються питаннями охорони оточуючого середовища користується рядом організаційних, правових та нормативно-процесуальних заходів. Початком роботи, яка стосується екологічної безпечного атмосферного повітря вважають Стокгольмську Декларацію, яка була прийнята у 1972 році.

Основні документи, що стосуються питання моніторингу забруднення і оцінки оцінки впливу речовин, які забруднюють були розроблені Організацією Об'єднаних націй (ООН). В списку були присутні:

– спільна програма моніторингу і оцінки повітря (ЕМЕР) (1977 року);

– різнопланова Конвенція яка стосується транскордонного забруднення на значні відстані (1979 року);

– віденська Конвенція з питань охорони озонового шару (1987 року);

– монреальський протокол про речовини, які негативно пливають на стан озонового шару. Гельсінська декларація про методи захисту озонового шару;

– рамкова конвенція ООН яка стосується зміни клімату (РКЗК ООН) і Кіотський протокол до неї (1992 року). ООН має спеціалізовані автономні установи, які займаються проблемами з охорони навколишнього середовища.

Одні з головних це: United Nations Environmental Program, що була створена у 1973 році з метою координування всх видів діяльності, що стосуються захисту середовища. Займається розробкою програм у цій галузі спільно з іншими установами.

– United Nations Educational,Scientific and Cultural Organization – Організація Об'єднаних Націй з питань які стосуються науки, культури та

освіти, що була створена з 1946 року для того щоб сприяти створенню миру та міжнародної безпеки, організовувати співпрацю з різними державами у науковій,освітній та культурній сферах.

– Food and Agricultural Organization UN – є сільськогосподарчою та продовольчою орагнізацією, яка приймає активну участь у національних та міжнародних заходах у сфері збереження екологічних ресурсів.

– Міжнародне агентство з атомної енергії, створене у 1957 році.

Агентство займається питанням використання атомної енергії, попередження створення негативних наслідків та підтримання здоров'я і благополуччя оточуючих.

– Всесвітня організація охорони здоров'я, що була створена 1946 року. Мета цією організаціїї була викладена у її статуті, що полягала в охороні здоров'я народів світу.Також вказана організація займається заходами,які направлені на оздоровлення і підтримання відповідної якості екологічного средовища, що оточує людину.

– Всесвітня метеорологічна організація, що заснована як спеціальна структура ООН у 1951 році, яказаймається питаннями що стосується погодних умов.

– Міжнародна організація праці–спеціальний орган ООН, була створена в 1919 році. Основною ціллю організації було створення відповідних умов праці, які не шкодять здоров'ю та зменшення присутнього забруднення біосфери, яке виникає внаслідок антропогенних чинників виробничої сфери та зневажливого ставлення до неї.

У багатьох розвинутих країнах світу особлива увага приділяється створенню мережі пунктів моніторингу забруднення повітря, яка з часом набуває кращої та продуктивнішої функціональності. Встановлено, що створюються нові методи та розробки в системі контролю, збільшується кількість міст, які долучилися до подібної проблеми та мають на меті покращити загальний стан атмосферного повітря шляхом організації та

вдосконалення систем контролю та моніторингу. Метеорологічні відомства намагаються підвищити рівень спостережень і вивчення топографічних і метеорологічних факторів, що визначають розподіл концентрацій шкідливих речовин в атмосфері. Структурні елементи моніторингу якості атмосферного повітря включають розгалужену систему станцій моніторингу, відповідну кількість стратегій розвитку та підтримки систем моніторингу, чітку методологію вимірювання основних показників якості повітря разом із моніторингом стану метеорології та сучасні системи збору, передачі та аналізу всіх даних про стан якості повітря.

Розвинені економічні країни, такі як Німеччина, Велика Британія, Франція, Польща, Швейцарія ведуть активну боротьбу із забрудненням повітря шляхом запровадження, імплементації державами міжнародно-правових норм щодо забруднення повітря, створення та розвитку власних програм і ефективних дій та використання податкових пільг для зменшення викидів забруднюючих речовин.Ці країни мають конкретні ідеї щодо стимулювання бізнесу, пов’язаного із запобіганням забрудненню повітря, і запроваджують:

- штрафи і податки на діяльність, яка спричиняє забруднення повітря;

- різноманітних субсидій і з метою зміни транспорту на екологічний комерційний транспорт і нові технології; зобов'язання підприємств і підприємств здійснювати постійний моніторинг викидів шкідливих речовин, на підставі чого створюються спеціальні заходи для уникнення екологічних аварій;

- необмежену кількість екологічних зелених зон [50, с. 68].

Європейське законодавство щодо якості повітря базується на певному принципі, відповідно якого держави, що входять до Європейського Союзу, діляться своїм території на кілька зон і агломерацій, де вони оцінюють рівень забруднення атмосферного повітря за допомогою вимірювань, моделювання та надають Європейській Комісії отримані дані про якість повітря. Якщо держава надала інформацію про перевищення цільових або граничних

значень, вона повинна створити відповідний план або розробити програму покращення якості повітря, спрямовану на усунення всіх існуючих джерел забруднення. Важливим моментом є те, що вся інформація, яка стосується якості атмосферного повітря, не повинна бути закритою та безперешкодно поширюватися серед населення. Метод біоіндикації заснований на дослідженні впливу антропогенних екологічних факторів на різні характеристики біологічних об'єктів, а також їх систем (так званих біоіндикаторів). У практичному застосуванні для забезпечення високоефективного біоіндикаційного моніторингу важливо дотримуватись низки принципів: простота аналізу; пріоритетне використання рослинних організмів; обов'язковість порівняння стану живих організмів на предметах територій з їх станом на еталоні (фоні) [1].

Загальновизнано, що біоіндикацію можна використовувати на різних рівнях організації живої матерії: макромолекула, клітина, орган, організм, популяція, біоценоз. З підвищенням рівня організації біологічних систем зростає і їх складність, оскільки водночас ускладнюються їхні зв’язки з факторами розміщення. При цьому біоіндикація на нижчих рівнях діалектично включена в біоіндикацію на вищих рівнях, виступаючи в новій якості. Тоді як на нижчих рівнях організації біологічних систем переважають прямі і частіше специфічні види біоіндикації, на вищих рівнях переважає непряма біоіндикація.

Розробка методів біоіндикації для виявлення мутагенності середовища, що мають універсальний характер і володіють високою пропускною спроможністю, масштабно використовується у всіх країнах Європи. Слід зазначити, що при оцінці стану навколишнього середовища дослідниками світу використовуються різні тест-системи (біондикатори) – від бактерій до ссавців. Згідно з оглядом зарубіжних джерел, на сьогодні для оцінки стану навколишнього середовища застосовується метод біоіндикації. Дослідники вивчали вплив забрудненості атмосфери викидами автомобільно-дорожнього комплексу Єревану на частоту соматичних точкових мутацій у традесканції.

У пунктах, де підвищена інтенсивність руху автотранспорту,частота мутацій у традесканції перевищувала контроль в 4,8–8,5 рази. Використовування такої тест-системи рекомендують як експрес-метод на першому етапі в Перші методично коректні ліхеноіндікаційні дослідження з використанням трансплантатів були проведені в США та Німеччині. З досвіду закордонних досліджень відзначимо, що для інтегрованої оцінки рівня забруднення навколишнього середовища токсичними речовинами використання методів біоіндикації є актуальним завданням сучасності.Структура сучасної біоіндикації – сукупність методів, що використовуються для дослідження антропогенних змін у довкіллі (рис. 1.1).

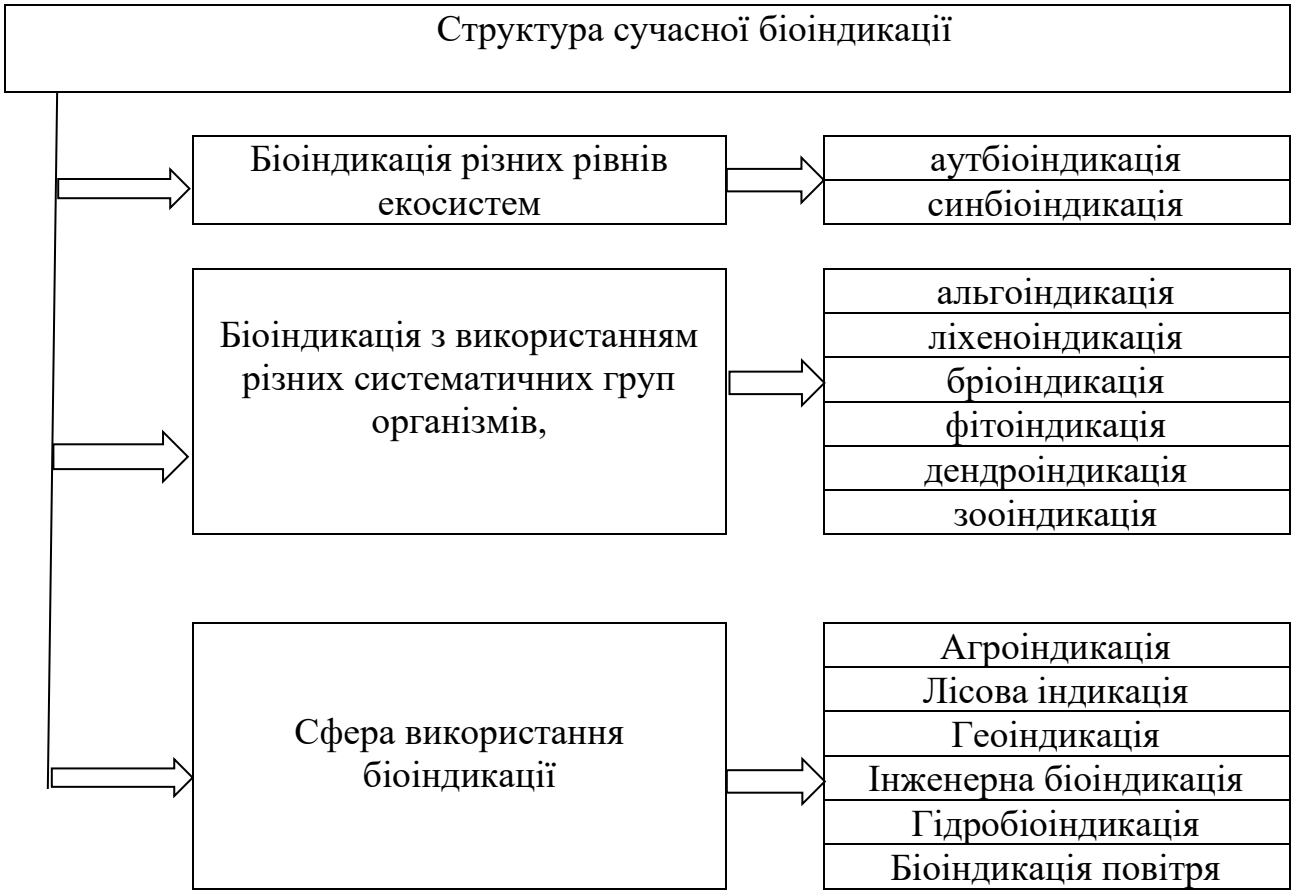

Рис. 1.1 Структура сучасної індикації

Дослідники у відповідності з організаційними рівнями біологічних систем виділяють різні рівні біоіндикації:

1-й рівень –біохімічні і фізіологічні реакції;

2-й рівень –анатомічні, морфологічні, біоритмічні і поведінкові відхилення; 3-й рівень –флористичні і фауністичні зміни;

4-й рівень–ценотичні зміни;

5-й рівень–біогеоценотичні зміни;

6-й рівень: зміна ландшафтів [2, с.68].

Основні принципи біоіндикації були розроблені Кольквітцем (R. Kolkwitz) і Марсоном (M. Marsson) на початку XX ст. Система сапробності Кольквітца-Марсона і її модифікації знайшла широке застосування і сьогодні вважається класичною [61]. Багаторічний досвід учених різних країн в галузі контролю за станом навколишнього середовища показав необхідність введення біоіндикації в систему моніторингу екологічного середовища, оскільки:

- інформація про забруднення навколишнього середовища на підставі лише фізико-хімічних показників є недостатньою, а комбіноване застосування фізико-хімічних та біологічних методів розширює можливості для виявлення причинно-наслідкових зв'язків стану об'єктів навколишнього середовища та факторів впливу на них;

- виникає необхідність аналізувати невідомі забруднювачі, що потребує специфічних методів аналізу, до того ж біоіндикатори реагують на широкий спектр впливів та швидко проявляється реакція-відповідь;

- біомоніторинг заснований на оцінці екологічного стресу, що дозволяє на підставі реакції біоіндикаторів прогнозувати впливи полютантів саме на біоту.

1.2. Метод біоіндикації у вітчизняних дослідженнях

Після підписання Україною Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом відкрилися нові можливості для впровадження стандартів у сфері охорони навколишнього середовища. В Україні на основі законодавства ЄС методи охорони навколишнього середовища створені у 8

секторах і регулюються Директивами та Регламентами ЄС, які встановлюють загальні правила та мають бути відображені у внутрішньому законодавстві. Різниця між українським законодавством про охорону навколишнього середовища, яке зараз діє в державі та Європейському Союзі, полягає в тому, що основні положення законодавства ЄС визначають якісні та кількісні результати, яких має досягти кожна країна протягом конкретно встановленого часу, та описують процедури, які необхідно зробити для досягнення цих результатів. Ключовим моментом міжнародних Директив є те, що держави повинні досягати цілей, які були розроблені, але при цьому самостійно визначати методи досягнення цих цілей.

Проблемами біоіндикації в Україні займалися такі вчені, як В. М. Боголюбов, І.В. Гончаренко, М.О. Клименко, О.М. Картавцев,Т. А. Сафранов, А. І. Горова, В. А. Прилипко, В. Б. Мокін,О. М. Адаменко, Л. М. Полєтаєва. Більшість описаних авторів описують загальноприйняті уявлення про те, як організовуються спостереження та аналіз забруднення різних компонентів атмосфери, підземних і поверхневих вод, ґрунтового покриву і геологічного аспекту. Вони проводять аналіз різних аспектів моніторингу та особливостей організації окремих рівнів систем моніторингу [31]. При цьому деталізація проблем використання методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційних методів і технологій у системах моніторингу довкілля займає цілком особливе місце. Відповідно до таких варіантів систем моніторингу створюються характеристики соціально-екологічного моніторингу.

Такий автор, як В.О. Слободян займався тим, що описував методи ранньої біоіндикації, морфологічні та біохімічні зміни у рослин, що виникають внаслідок антропогенного навантаження [46, с.196]. Він описував способи народної біоіндикації та основні методи та об’єкти, що використовують методах біоіндикації, автором були розроблені напрямки застосування методик фіто-та фауноіндикації у різних видах моніторингу за допомогою біологічних систем. Н.М.Вознюк ,М.Ф.Бойко, А.М. Прищепа,

О.Р. Глухов, Н.А.Хижняк,С.І. Прохорова аналізують методи біоіндикації забруднення ґрунтів, атмосферного повітря, та описують результати інтегрального оцінювання стану навколишнього середовища за показниками розвитку органів рослин і тварин. Проблема біоіндикаційного оцінювання токсичності ґрунтів у зоні впливу військової діяльності висвітлюється у працях О. М. Стаднічука.

Термін «біоіндикація» означає комплекс екологічна оцінка з використанням рослин, тварин і живих об'єктів будь-якої екосистеми.

За допомогою клітин, організмів, угруповань, популяцій можна зробити певну оцінку абіотичних і біотичних факторів, таких як температура, вологість, солоність, кислотність, вміст забруднюючих речовин. біологічну здатність організмів та їх угрупувань або популяцій [14, с.371].

У сучасних умовах біоіндикаційні дослідження на рівні макроорганізмів проводяться за двома основними напрямами: фіто- та зооіндикаційним. Як зазначає Я.П. Дідух, рослинний покрив давно використовується для індикації природного середовища, оскільки він відіграє ключову роль у функціонуванні екосистем, а три його характеристики (чутливість, видимість, емерджентний характер змін рослинного покриву) визначають придатність фітоіндикації для екологічних досліджень, експертизи, прогнозування поведінки, стану та розвитку екосистем [7, с.279].

Д.О. Криволуцький у біоіндикаційних дослідженнях аналізує такі основні напрямки:

- біологічна індикація дії на організм природних факторів (клімату, ґрунтового та рослинного покривів, взаємовідносин між тваринами);

- аналіз процесів зміни модифікації природних;

факторів людиною (біологічна меліорація, експлуатація біологічних ресурсів, екологічні результати інтродукції нових видів);

- комплекс екологічних явищ, які відбуваються під впливом «забруднення біосфери» [25, с.192].

Дослідник В.П. Бессонова із співавторами досліджувала вплив забруднення навколишнього середовища важкими металами на деревні та чагарникові рослини. Встановили, що в умовах забруднення відмічаються порушення в процесах мейозу і, як наслідок, утворення стерильногопилку. Така діагностика дозволяє з'ясувати механізми впливу забруднювачів на репродуктивні структури рослинних організмів [3, с.185].

Вчена Т.В.Морозова для проведення порівняльного аналізу слабкоурбанізованих селітебних територій Чернівецької області використала систему різнорівневої біоіндикації, яка включала популяційні,морфометричнігістохімічні, цитогенетичні показники [35, с.22]. На основі змін показників тест-ознак побудовані інтегральні геоінформаційні карти в межах області. Ідентифікованорізні за рівнем екологічної напруженості райони урбосистеми м.Івано-Франківська на основі ступеня відмінності досліджених біопараметрів у деревних рослин відносно контрольних значень. Встановлено рівень пошкодження спадкового апарату у тест-рослин, що вказує на реальну гено-та гаметотоксичність комплексу факторів міського середовища [36, с.75].

Дослідник А.І.Сафонов розробив метод структурованої фіоіндикації для Донбасу на основі реакцій рослин на забруднення середовища важкими металами. Запропонував критерії інформативності методу структурованої фіоіндикації: значення коефіцієнтів кореляції та детермінації; наявність груп і блокового збігу сполученості показників структурних змін рослин із компонентами поелементної металогенії у системі їх внутрішніх зв'язків; дані картосхематичної візуалізації [45, с.22].

Таким чином, цитогенетична біоіндикація, як метод інтегральної оцінки екологічного стану техногенно змінених екосистем індустріальних регіонів, знаходить різноманітне відображення (застосування) в екологічних дослідженнях.Зокрема методами цитогенетичної біоіндикації в екологічних дослідженнях широко користуються А.І. Горова і співавтори, які розробили

власний методологічний підхід. Згідно з яким запропонована структурна схема комплексного соціально-гігієнічного моніторингу довкілля. На основі цього можливо оцінити стан природних об’єктів за токсико-мутагенним фоном, який дає оцінку рівня загальної екологічної та генетичної небезпеки для людини та біоти [6, с.145].

Дослідники звертають увагу на поширеність, тривалість і вираженість мутагенних ефектів. Для встановлення рівня токсико-мутагенної активності науковці використовують різницю між значеннями цитогенетичних показників аналізованих біоіндикаторів та аналогічних показників в екологічно чистих районах. Основними критеріями токсичності є відсоток пригнічення росту біоіндикаторів, значення мітотичного індексу в меристематичних клітинах, збільшення частоти зустрічальності стерильних клітин у пилку рослин [67, с.254]. На основі цих критеріїв територія характеризується як сприятлива, конфліктна, критична, небезпечна.

1.3 Ліхеноіндикація як метод оцінки стану атмосферного повітря

Одним із перспективних та економічно доцільних методів екологічного моніторингу є біоіндикація, яка включає велику кількість аспектів, пов’язаних із використанням біологічних об’єктів для індикації впливу антропогенного навантаження на стан навколишнього середовища. Як відомо, організми-біоіндикатори повинні бути нечутливими і дуже стійкими до забруднення шкідливими речовинами, необхідно, щоб вони мали тривалий життєвий цикл. Такі організми повинні бути широко поширені на планеті, кожен з них пристосований до певного середовища існування. Серед організмів, які відповідають вищезазначеним умовам, є лишайники [23, с.131].

При вивченні екологічного стану рослинності в межах міста досить перспективним є метод ліхеноіндекації, в якому лишайники є

біоіндикаторами забруднення навколишнього середовища. Ці організми безпосередньо залежать від стану повітряного середовища, тому що всі елементи для своєї життєдіяльності (воду, мінеральні речовини) вони дістають із повітря. Крім того, лишайники, на відміну від інших рослин, характеризуються великою стійкістю до таких факторів, як високі і низькі температури, відсутність води, короткий вегетаційний період [27, с.260].

Лишайники характеризуються широким поширенням і тривалим існуванням життя. Особливості будови лишайників та процесів їх життєдіяльності характеризується підвищеною чутливістю до різних забруднювачів повітря.

Методи ліхеноіндикації на основі вивчення структурних змін угруповання лишайників і складу біоти лишайників можна поділити на наступні групи за впливом забруднення:

– аналіз історичних даних, заснований на порівнянні результатів нинішніх спостережень за видами лишайників і попередніх спостережень у тому ж місці;

– зміна структури лишайникових співтовариств біля джерела забруднення;

– зонування території, ґрунтоване на зміні кількості та чисельності видів. У містах розрізняють так званні «зони лишайників»:

– лишайникову «пустелю» (центр міста із сильно забрудненим повітрям лишайники майже відсутні), вміст двооксиду сульфуру складає 0,3 мг/м^3 повітря ;

– зону «змагання» (частина міста із помірною забрудненістю повітря флора лишайників бідна, види характеризуються пониженоюжиттєздатністю), вміст двооксиду сульфуру в межах 0,05 – 0,2 мг/м^3 повітря, на стовбурах дерев присутні види лишайників, що стійкі до забруднювача – ксанторія, фісція;

– «нормальну» зону (периферійні райони міста, де зустрічається

багато видів лишайників), вміст двооксиду сульфуру нижче 0,05 мг/м^3 повітря, на стовбурах зустрічаються види лишайників, що переважають у природних угрупуваннях – паргелія, алекторія та інші [33].

Трансплантація лишайників – перенесення організму із його місця проживання у місце, де він необхідний для моніторингу забруднення стану навколишнього природного середовища.

Завдяки особливостям організації та життєдіяльності лишайники є одними з найкращих біоіндикаторів чистоти повітря. Вони поширені по всій планеті, ростуть на різних субстратах і здатні витримувати суворі умови існування, і в той же час вони характеризуються високою чутливістю до забруднення атмосфери. Вивчивши ці властивості лишайників, можна використовувати їх для загальної оцінки ступеня забруднення навколишнього середовища, особливо атмосферного повітря. На цій основі став розвиватися особливий напрямок індикаційної екології- ліхеноіндикація, тобто індикація за допомогою лишайників [54, с.198].

Метод ліхенометрії заснований на тому, що в межах певної кліматичної області річний приріст лишайників постійний; за розміром слона можна визначити як вік самого слона, так і субстрат, на якому він розвивається. Метод ліхеноіндикації заснований на про особливості водного живлення лишайників: процес поглинання вологи з повітря лишайником пасивний; при цьому волога доступна в будь-якому вигляді - сніг, дощ, роса, туман і поглинається сльотою, починаючи з 50% вологості повітря. Зрозуміло, що при пасивному поглинанні вологи всі забруднюючі речовини, що містяться в атмосферному повітрі, потрапляють у сльоту [40].

Властивість лишайників реагувати на ступінь забрудненості повітря було покладено в основу розробки особливого напрямку індикаційної екології –ліхеноіндикації. Відомо, що лишайники накопичують у слані різні хімічні елементи: літій, натрій, калій, магній, кальцій, стронцій, алюміній, титан, ванадій, хром, марганець, залізо, нікель, мідь, цинк, галлій, кадмій, плюбум, ртуть, іттрій, уран, флуор, йод, сульфур, арсеній, селен. Листуваті та

накипні види лишайників накопичують полютанти на різній відстані від джерела забруднення (електростанції, хімічні заводи).

Зразки лишайників збирають, очищають і аналізують за допомогою атомно-абсорбційної, рентгенівської та флуоресцентної спектрометрії. Як правило, у безпосередній близькості від джерела забруднення вміст елементів у шарі лишайників дуже високий, потім швидко падає, а чим далі від джерела забруднення, тим повільніше. Ми це знаємо рівновага між вмістом елементів у лишайниках і в зовнішньому середовищі встановлюється приблизно через 15 місяців.

По відношенню до забруднення повітря лишайники поділяються на три категорії:

-найбільш чутливі, які зникають при перших симптомах забруднення;

-помірно чутливі, які замінюють мертві чутливі види, з якими вони не могли конкурувати в умовах чистого повітря;

-найбільш витривалі, стійкі до забруднення.

Залежно від місця зростання розрізняють такі групи лишайників:

- епіфітні - ростуть на корі дерев і чагарників;

-епіксильні – ростуть на оголеній деревині;

- епігеїнні - ростуть на поверхні ґрунту;

- епілітні - ростуть на камені або бетоні [11].

Серед них епіфітні найбільш чутливі до забруднення атмосфери

види. За зовнішньою будовою розрізняють три основні групи лишайників: накипні лишайники, листуваті та кущисті. Найпоширенішими індикаторами стану атмосферного повітря є лишайники. Серед методів ліхеноіндикації розрізняють методи пасивного та активного спостереження. При пасивних дослідженнях вивчають чисельність лишайників, виявляють і описують різноманіття їх видів, визначають відсоток зайнятої ними площі та загальний стан лишайників [18].

Сьогодні методи біоіндикації – оцінки забруднення атмосферного повітря кислотними забруднювачами, пилом, важкими металами,

радіонуклідами – неможливо уявити без використання лишайників, тому що ці симбіотичні організми залежать від стану повітряного середовища, так як отримують з повітря воду і мінеральні речовини. Крім того, лишайники порівняно з іншими рослинами характеризуються більшою стійкістю до низьких і високих температур і стійкістю до відсутності води. Таким чином, лишайники є живими індикаторами стану атмосферного повітря і навколишнього середовища в цілому, а метод (окремий випадок біоіндикації) називається «ліхеноіндикація» [29].

У зв'язку з глибокою трансформацією природного середовища, що здійснюється під дією антропогенного впливу, який за своїми масштабами досяг планетарного рівня, а за силою і швидкістю стрімко випереджають вплив природних факторів, проблеми збереження екосистеми та біосфери в цілому стають актуальними.

До біоіндикації відноситься визначення біологічно значущих антропогенних навантажень за реакціями на них живих організмів та їх угруповань. Значення рослинного покриву як індикатора стану екосистеми полягає в тому, що він дуже чуйно реагує на зміни факторів зовнішнього середовища. Досить важливо, що він відображає емерджентний характер змін властивостей екосистем залежно від рівня їх організації. Емерджентність — виникнення, поява чогось нового (часто несподіваного), в теорії наявність у будь-якій системі особливих властивостей, не притаманних її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не пов'язаних системоутворюючими зв'язками; неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів [48, с.47].

Ці ознаки визначають придатність біоіндикації до екологічного дослідження, експертизи, прогнозування поведінки, стану та розвитку екосистем. Екосистеми міст найбільше страждають від господарської діяльності людини, тому важливо стежити за станом навколишнього середовища та вчасно аналізувати забруднення території міста. Певною мірою ці питання можна вирішити біоіндикаційною оцінкою. Системи

моніторингу, побудовані на основі вивчення поведінки рослин і тварин, дозволяють оцінити біологічні наслідки забруднення повітря, їх просторовий розподіл і можливе накопичення на великих територіях [25, с.201].

У деяких видів рослин і тварин змінюються особливості розвитку (швидкість росту, процес цвітіння, формування плодів, інтенсивність забарвлення) у відповідь на дію різноманітних подразнюючих факторів. Людство давно помітило ці властивості і використовувало їх для практичні потреби. У зв’язку із загальною екологізацією різних наукових напрямків, людського мислення в цілому методи біоіндикації все ширше використовуються сучасними вченими, зокрема в екологічному моніторингу.

Біоіндикація використовується в екологічних дослідженнях як метод виявлення антропогенного навантаження на біоценоз. Метод біоіндикаторів заснований на вивченні впливу змінних факторів зовнішнього середовища на різні характеристики біологічних об'єктів і систем. В якості біоіндикаторів вибирають біологічні системи або організми, найбільш чутливі до досліджуваних факторів. Зміни в поводженні тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, прийнятими за еталон [37, с.76].

Одним із специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища є біоіндикація, що визначає ступінь забруднення геофізичних середовищ за допомогою живих організми, біоіндикаторів. Живі індикатори не повинні бути занадто чуттєвими і занадто стійкий до забруднень [51, с.41]. Необхідно, щоб вони мали досить тривалий життєвий цикл. Важливо, що такі організми широко поширені на планеті, і кожен вид повинен бути присвячений певногго місцепребування. Всім цим вимогам повністю відповідають лишайники. Вони по-різному реагують на забруднення, чим вищі рослини. Довготривалий вплив низьких концентрацій забруднювачів викликає такі пошкодження лишайників, які не зникають до загибелі їх сланей.

Очевидно, це пов'язано з тим, що лишайники дуже повільно відновлюють свої клітини, тоді як у вищих рослин пошкоджені тканини

досить швидко замінюються новими. Завдяки ряду біологічних особливостей лишайники є добрими індикаторами до зміни стану навколишнього середовища в умовах забруднення його діоксидом сірки, фторидами, лужним пилом, важкими металами. Крім того, біоіндикація має ряд переваг перед інструментальними методами [56, с.244]. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. УМАНЬ

2.1. Характеристика досліджуємого об’єкта та основних джерел забруднення атмосферного повітря м. Умань

Місто обласного значення Умань, що на Черкащині, має площу 41 км^2, розташоване на Придніпровській височині, де зливаються річки Кам'янка і Уманка, що належать до басейну Південного Бугу. Територія відносится до Христинівсько-Звенигородського геоботанічного району Умансько-Канівського геоботанічного округу.

Через місто пролягає автошлях Черкаси – Умань – Гайсин – Брацлав (317 км), поруч із містом проходить автошлях М05 (Київ – Одеса), що в Україні збігається з міжнародним автошляхом Е95 (Санкт-Петербург – Одеса) та Е50 (Ужгород – Довжанський). Кількість населення у місті на 01.01.2019 становило 83,2 тис. осіб, проте воно зростає. Тому структурно-функціональна організація зеленої зони міста, її рекреаційного комплексу потребує розвитку, збереження та удосконалення. За даними В. М. Грабового, структура зелених насаджень Умані є такою: ліси державного лісового фонду України (52 %), дендропарк «Софіївка» (20 %), колективні сади (16 %), водоохоронні, меліоративні та інші захисні насадження (12 %). Усі ці деревостани займають 19,7 % площі міста (або 941,4 га).

Рекогносцирувальне обстеження показало, що усі категорії насаджень, як структурні компоненти зеленої зони у межах міста, тією чи іншою мірою об'єднані функціональними і просторовими зв'язками через гідрографічну мережу, її ґрунтово-гідрологічний режим та систему захисних деревостанів лінійної конфігурації вздовж автомобільних доріг, вулиць, будинків, а також

внутрішньоквартальних насаджень, утворюючи місцями цілісну, а у щільно забудованих, заасфальтованих ділянках розірвану систему деревостанів.

Як відомо, крім зазначеного пріоритетного призначення, вони виконують і інші корисні функції. Встановлено, що міські зелені насадження піддаються негативному антропогенному впливу, особливо рекреаційній дигресії в центральних і промислових густонаселених і соціально-економічно розвинутих районах – через неоптимальне розміщення об’єктно-функціональної структури та неправильне регулювання потоків людей. Саме в осередках скупчення людей, пов'язаних з їх проживанням, роботою, навчанням, побутом, відпочинком та іншими видами діяльності, які спонукають до збільшення частоти і чисельності припливу відвідувачів, особливої уваги потребують рекреаційні та оздоровчо-захисні насадження. з метою збереження та покращення їх екологічної ролі.

Серед об'єктів природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення чи не найбільш атрактивним центром постійної рекреації та пізнання природи є дендропарк «Софіївка». Завдяки розвиненій і обладнаній інфраструктурі, доволі добре організованом у регулюванню відвідувань та кваліфікованому догляду його екосистеми зберігаються загалом на належному рівні.

Проте в районах найпривабливіших об'єктів дендропарку виявлено низку антропогенних загроз порушення його стабільності: витоптування рослинного і ґрунтового покриву (6,3 % стежок – позаплановою мережею шляхів), площинну і вертикальну ерозію ґрунту, особливо на крутих (понад 20°) схилах, забруднення гідрологічної мережі скидами і продуктами ерозії, механічне і пірологічне пошкодження дерев, інвазію рудерантів. Походження, просторове поширення негативних чинників залежно від рельєфу, елементів інфраструктури, рекреаційної привабливості структурних компонентів дендропарку, механізми і ступінь впливу на них, а також умови, що підсилюють негативні наслідки.

Умань розташована в чудовій місцевості, на кордоні лісової і степової частини України, на берегах річки Уманки, в котру тут же впадають річки Осташівка й Кам`янка. Географічне положення Умані таке: лежить під 48 градусів, 44,53" північної широти та 47 градусів, 54,9" східної довготи. Клімат має помірний; грунт - масний чорнозем. В самій Умані і довкіл маса садів; поля й степи дають щедрі урожаї. Клімат помірно континентальний і континентальність зростає із заходу на схід:найхолоднішим місяцем року вважається січень з середньою температурою –5,9°С, а найтеплішим – липень з середньою температурою +20,1°С. Середня річна температура повітря складає +7,3°С. Розподіл кількості опадів в межах області залежить від орографічних умов (абсолютної висоти місцевості.

Географічне положення міста, економічні, трудові ресурси, освітній та науковий потенціал - це гарні передумови для його успішного розвитку. В місті активно формується потужний бізнес, відроджено промисловий комплекс, який складається з багаточисельних підприємств: ЗАТ «Уманська швейна фабрика», ЗАТ «Уманська взуттєва фабрика» ВТФ «Інпо», ЗАТ «Уманський завод продтоварів», ЗАТ «ТК»Уманьхліб», Лікеро горілчаний завод, ВАТ «Уманьпиво», ВАТ «Уманський м'ясокомбінат», ВАТ «Вітаміни», Група компаній «Вторма», ВАТ «Уманьферммаш», ВАТ «Мегомметр», ЗАТ «Білосвіт -Умань» та ще багато інших.

За даними метеостанції Умань середньорічна кількість опадів становить 633 мм, але в окремі роки бувають значні відхилення від цієї величини. Клімат регіону характеризується недостатнім зволоженням.

За тепловим режимом клімат регіону помірно-середньо континентальний, гідротермічний коефіцієнт –1,1–1,2, сума активних температур становить 2400ºС на півночі та 3200ºС на півдні провінції. Період з середньодобовою температурою вище (+10) ºС триває 140–160 діб, понад (+5) ºС – до 230 діб.

Екологічний стан атмосферного повітря тісно пов'язаний зі ступенем антропогенного навантаження на цю територію. Стан атмосферного повітря в

м. Умань характеризується підвищенням забруднення промислових зон, на транспортних магістралях, збільшенням негативних впливів на навколишнє природне середовище, здоров’я людей, тваринний і рослинний світ [38, с.28].

Нині низка підприємств не працює або працює не на повну потужність. Серед найбільших забруднювачів повітря міста є підприємства будівельної галузі, газорозподільча станція, а також є транспорт, що є важливою складовою економіки міста, він забезпечує підключення різних виробничих об'єктів і транспортне сполучення населення. Автомобільний парк є одним із основних джерел забруднення навколишнього середовища в місті.

Автомобілі спалюють велику кількість нафтопродуктів, надаючи значний негативний вплив на атмосферу. За останні роки в місті значно зросла кількість автотранспорту [20].

Вихлопні гази автомобілів містять, зокрема, кислотні оксиди: оксиди сірки та азоту, які, потрапляючи в атмосферу і легко розчиняючись у воді, утворюють краплі сірчаної та азотної кислот і викликають кислотні опади– дощ або сніг, рівень pH яких менше 5. Щоб запобігти підвищенню кислотності атмосферних аерозолів, необхідно досліджувати їх надходження в повітря (рис. 2.1).

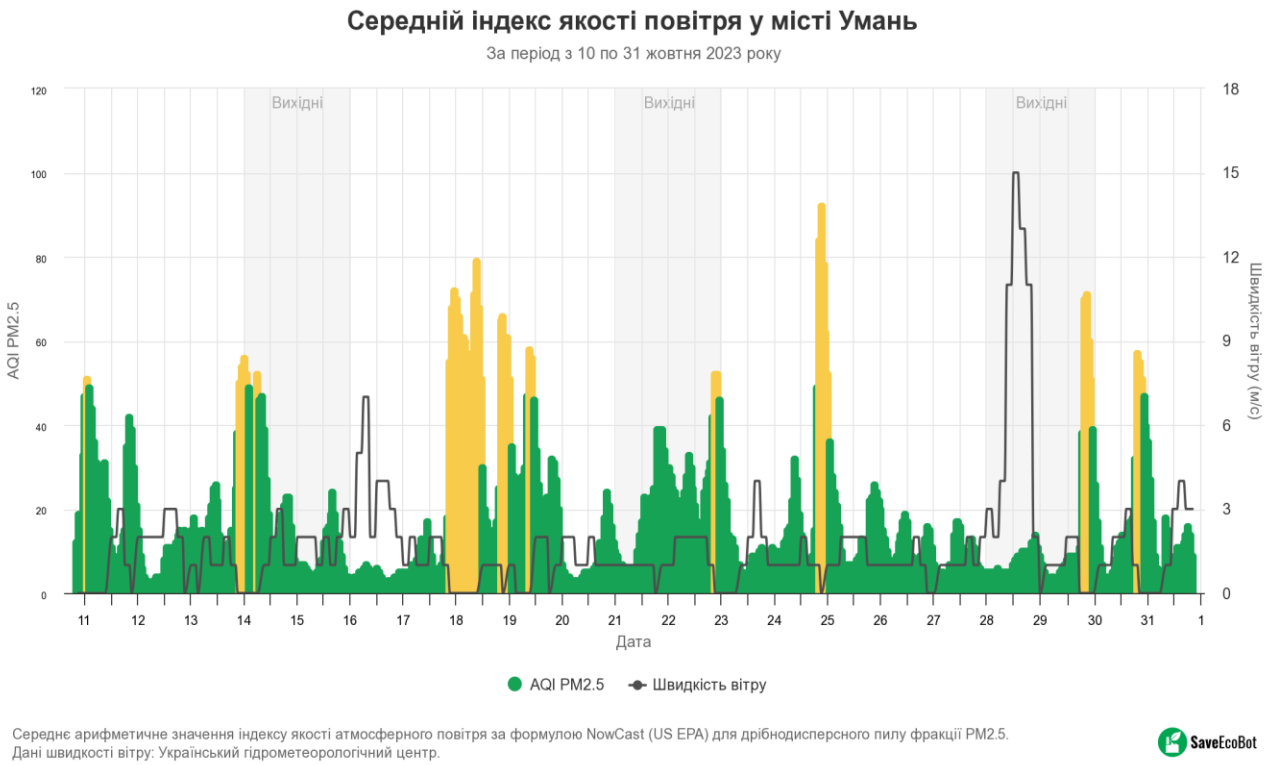

Рис. 2.1. Середній індекс якості повітря в м. Умань

Це саме те, що ми намагалися зробити в нашому дослідженні екологічної оцінки сучасного стану атмосферного повітря м. Умань. Забруднюючі речовини, які погіршують якість повітряного середовища, забруднюють повітря, яким ми дихаємо щодня.

Тому, ми пропонуємо метод ліхеноіндикації – це доступний, ефективний та недорогий спосіб оцінки екологічного стану атмосферного повітря в Умані.

2.2. Методи дослідження стану атмосферного повітря м. Умань за допомогою ліхеноіндикації

Необхідними ознаками, які повинні бути притаманні об’єктам біоіндикації, є: поширеність по всій планеті, приуроченість до визначеного місцеперебування, досить тривалий життєвий цикл. Лишайники цілком відповідають усім цим вимогам. Використання лишайників як індикаторів зумовлено їх чутливою унікальною відповіддю на стресовий подразник. Лишайники – токсикотолерантні організми, що накопичують значну

кількість забруднювачів у своїй слані, формують виразні угруповання видів. Багато видів лишайників проявляють специфічні реакції на різні типи забруднюючих речовин, що дозволяє визначити не тільки ступінь забруднення, але й тип забруднювача. Таким чином, як компонент біогеоценозів ці організми є дуже чутливими, реагують на незначні зміни природного середовища і можуть виступати у ролі індикаторів зазначених змін [39, с.34].

Оцінку забруднення атмосферного повітря м. Умань було проведено використовуючи як біоіндикатор лишайники тому, що вони поширені у всіх районах міста, невибагливі до умов зростання і дуже чутливі до забруднень атмосферного повітря. Основним завданням проведеного нами дослідження поширеності лишайників різних видів у мікрорайонах м. Умань було встановлення взаємозв'язку між ступенем покриття лишайниками дерев та екологічним станом атмосферного повітря в мікрорайоні. Застосовувався метод так званої пасивної ліхеноіндикації (тобто проводилися візуальні спостереження за поширенням організмів – біоіндикаторів у середовищі, підрахунки, обчислення, встановлювались середні статистичні показники).

Для дослідження було обрано жовтень місяць. На раніше обраних ділянках обстежувалися всі види добре освітлених, окремо зростаючих дерев листяних порід у вуличних насадженнях, парках і скверах, зелених насадженнях поблизу підприємств, а також у заліснених масивах околиць міста.

Лишайники використовують як індикатори забруднення, насамперед повітря. Якщо в зоні дослідження не трапляється жодного лишайника, то це свідчить про те, що концентрація діоксиду сірки в повітрі перевищує 0,3– 0,5 мг/м3 . Переважання деяких витривалих до забруднення лишайників – ксанторії, фасції, леканори – свідчить про те, що кількість сірчистого газу коливається в межах від 0,05 до 0,20 мг/м^3.

Під час визначення рівня забрудненості повітря за допомогою лишайників враховують такі параметри:

– загальну кількість видів лишайників;

– міру покриття сланями лишайників кожного дерева;

– частоту кожного виду;

– кількість кожного виду.

У лихеноіндикаційних дослідженнях як субстрату використовують різні дерева. Для оцінювання забруднення атмосфери на обраній місцевості вибирають вид дерева, найбільш поширений на досліджуваній території. Наприклад, як субстрат нами були використані липа дрібнолиста, тополя. Ділянку ділять на квадрати, в кожному з яких підраховують загальну кількість досліджуваних дерев, покритих лишайниками. Для оцінювання забруднення атмосфери конкретної магістралі описують лишайники, які ростуть на деревах, по обидва боки дороги на кожному третьому, п’ятому або десятому дереві. Площу дослідження обмежують на стволі дерев’яною рамкою (або плівкою), наприклад розміром 10х10 см, розділеною всередині на квадрати по 1 $см^2$. Відмічають, які види лишайників траплялися на майданчику, який відсоток загальної площі рамки займає кожен вид, що росте там. Крім того, зазначають життєздатність кожного зразка. На кожному дереві описують мінімум чотири пробні майданчики: два біля основи ствола (з різних його боків) і два на висоті 1,4–1,6 м. Проводять обстеження за наявності одного виду лишайників на цій території. Окрім виявлення видового складу, визначають розміри розеток лишайників і міру покриття у відсотках.

За типом лишайників, які переважають на певній території, можна приблизно визначити рівень забруднення оксидами сульфуру. Для цього використовують шкалу. Чутливість лишайників до забруднення повітря кислотними оксидами визначають за класами чутливості лишайників:

– клас S (англ. Sensitive – чутливий), вміщує всі види лишайників, чутливих навіть до низьких концентрацій полютантів (граничні концентрації оксидів сірки цих видів досягають 0–25 $мкг/м^3$ – відповідно найнижчої та найвищої концентрацій);

– клас S-I (англ. Sensitive-intermediate – середньочутливий), містить у собі види, помірно чутливі до низьких концентрацій (найнижча та найвища концентрації оксидів сульфуру – 25 і 50 мкг/м3 відповідно);

– клас I (англ. Intermediate – середній), представлений видами, що мають середню чутливість (50–75 мкг/м3);

– клас I-T (англ. Intermediate-tolerant – середньостійкий), містить види, що мають чутливість, більшу за середню (75–100 мкг/м3);

– клас T (англ. Tolerant – стійкий), вміщує всі лишайники, толерантні до високих концентрацій (від 100 мкг/м3 і більше).

Для перевірки одержаних даних спостережень було використано метод ліхеноіндикаційних індексів – розраховано індекс атмосферної чистоти (I.A.P.) – для визначення рівня забрудненості повітря оксидами сірки. Індекс являє собою число, отримане при використанні математичної формули, в якій формалізовано параметри ліхеноіндикаційних досліджень. Розрахунок індексу атмосферної чистоти (I.A.P) здійснювали за методикою Д. Деслувера і Ф. Лебланка. Оцінювання результату обчислення проводили за такою логікою: чим більший результат, тим менша екологічна сприятливість території. Цей коефіцієнт обчислюється сумарно для всіх ділянок і відображає середній рівень забрудненості всієї території. Значення індексу чистоти атмосферного повітря (I.A.P.) знаходиться за формулою 2.1.

$$I.Ч.П. = \sum_{i-1}^{n} \times \frac{Q_I f_i}{10} \qquad (2.1)$$

де n – число (кількість) видів лишайників на досліджуваній площі;

Q_i – екологічний показник виду і (середня кількість видів, що ростуть разом із видом і на досліджуваній площі);

f_i – оцінка зустрічальності/покриття і-виду відповідно до наведеної шкали. За А. В. Лиштвою, добуток $Q_i \cdot f_i$ ділиться на 10, щоб одержати більш наочне число.

2.3. Охорона праці при проведенні досліджень

Законодавчі та нормативні вимоги щодо охорони праці є дуже важливим елементом в будь-якій діяльності, пов'язаній з роботою зі шкідливими факторами. Проведення біоіндикації, як і будь-якої іншої лабораторної роботи, пов'язано з ризиком виникнення шкідливих факторів, тому на цю діяльність також поширюються певні законодавчі та нормативні вимоги щодо охорони праці. Основними законодавчими актами, які визначають вимоги щодо охорони праці, є Закон України "Про охорону праці", Положення про охорону праці під час виконання лабораторних робіт, затверджене наказом Міністерства охорони здоров'я України від 15.06.2000 № 256, та Правила охорони праці в лабораторіях, затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 28.06.2010 № 347.

Згідно з цими документами, проведення біоіндикації повинно відбуватися за дотриманням наступних вимог:

— персонал, який займається проведенням біоіндикації, повинен бути обізнаний з основними принципами охорони праці та повинен мати певний рівень професійної підготовки;

— працюючі повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спеціальний одяг, захисні окуляри, рукавиці, респіратори;

— повинна бути забезпечена вентиляція приміщення, де відбувається біоіндикація, а також здійснюватися регулярна перевірка наявності шкідливих речовин у робочому середовищі

— необхідно дотримуватися правил зберігання та обробки біологічних матеріалів;

– необхідно ретельно дотримуватися правил знешкодження та утилізації відходів, зокрема зразків біологічного матеріалу, які містять небезпечні речовини;

– повинна бути забезпечена пожежна безпека та наявність необхідного пожежного обладнання [42, с.149].

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Визначення рівня забруднення атмосфери автотранспортом м. Умань

Автотранспорт – є основним забруднювачем атмосферного повітря м. Умань, чисельність якого на вулицях міста постійно зростає. Він негативно впливає на самопочуття мешканців міста, чинить як пряму, так і опосередковану дію, спричиняє шум, забруднення повітря й ґрунтів, ущільнення ґрунтів, тому для проведення наших досліджень вулиці м. Умань поділили на групи за різною інтенсивністю руху транспортних засобів та було обрано по декілька дослідних ділянок із кожної групи

Автотранспорт відноситься до пересувних джерел забруднення. Широко зустрічаючись в житлових районах та місцях відпочинку, вихлопні гази двигуна містять до 300 забруднюючих речовин, тому одним із завдань нашої роботи є проведення моніторингу, розрахунок автомобільного навантаження і кількості забруднюючих речовин, які виділяються при русі автомобілів по районам м.Умань. Моніторинг автотранспортного навантаження і кількості забруднюючих речовин, які виділяються в атмосферу проводилися розрахунковим методом.

Дані інтенсивність руху автотранспортних засобів на основних вулицях м. Умань надаються у таблиці 3.1.

Таблиця 3.2

Інтенсивність руху автотранспортних засобів на основних вулицях м. Умань

Групи інтенсивності руху транспортних засобів	Назви зон інтенсивності руху транспортних засобів
Мала інтенсивність	Передмістя Бесарабка
Мала інтенсивність	Бабанське КП
Середня інтенсивність	Вулиця Небесної сотні
Висока інтенсивність	Е 95
Висока інтенсивність	М30
Висока інтенсивність	М 05
Висока інтенсивність	Н 16
Висока інтенсивність	М 12
Висока інтенсивність	Е 50

На кожній дослідній ділянці підрахунки проводили таким шляхом: нами було обрано ділянку автотраси довжиною 1 *км*. Підраховували число одиниць автомобілів різних типів, які проходили по ділянці дороги довжиною 1 *км* за 15 хвилин.

Розраховували спільний шлях, пройдений виявленим числом автомобілів кожного типу за 1 годину (L, *км*), за формулою:

$$L = n \cdot 4 \cdot S, км \qquad (3.1)$$

де n – число автомобілів кожного типу, що проїхали за 15 хвилин;

S – довжина обраної ділянки дослідження, дорівнює 1 *км*.

Розрахунок кількості палива (Q, *л*) для кожного типу автомобіля, що спалюється при русі по дослідній ділянці, двигунами машин здійснювався за формулою:

$$Q = L \cdot Y, л \qquad (3.2)$$

де Y – питома витрата палива, *л* на 1 км.

Потім розраховували об’єм шкідливих речовин, які виділяються при нормальних умовах по кожному виду палива. Для розрахунку використовували дані з таблиці 3.2, в якій приведені значення емпіричних коефіцієнтів (*К*), які показують викид шкідливих речовин від автотранспорту в залежності від виду пального.

Таблиця 3.2

Значення емпіричних коефіцієнтів (*К*), які показують викид шкідливих речовин від автотранспорту в залежності від виду пального

Вид палива	Значення коефіцієнта (К)		
	Карбон (II) оксид	Вуглеводи	Нітроген (IV) оксид
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельне паливо	0,1	0,03	0,04

Умовний об’єм повітря ($V_{ум.}$) – це об’єм повітря над обраною ділянкою дороги. Припускалося, що умовний об’єм повітря є замкнутим, тобто повітря, яке знаходиться в ньому не піддається вертикальному і горизонтальному перемішуванню, не відбувається його очищення й оновлення зеленими насадженнями.

Умовний об’єм повітря розраховувався за формулою:

$$V_{ум} = l \cdot a \cdot h, \text{ м}^3 \qquad (3.3)$$

де: *l* – довжина дослідної ділянки, 1 *км* (1000 *м*);

a – ширина проїзної частини та ширина тротуарів;

h – висота активної зони біосфери, дорівнює 2 *м* (на такій висоті токсичні речовини надходять на рівень дихання людини).

Всі отримані дані заносили до таблиці, в якій порівнювали $V_{ум}$ з об’ємом повітря, необхідним для розбавлення забруднюючих речовин. Для цього об’єм повітря для розбавлення ділили на умовний об’єм повітря ($V/V_{ум.}$). За отриманими значеннями визначали, до якої групи за забрудненням атмосферного повітря належить досліджувана ділянка.

Групи забрудненості повітря автотранспортом наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Групи забрудненості повітря автотранспортом

$V/V_{ум.}$,$м^3$	Групи
Менше 0,25	Перша група - чисте повітря
0,25 – 1,0	Друга група - відносно чисте повітря
1,0 – 4,0	Третя група - забруднене повітря
4,0 – 16,0	Четверта група - сильно забруднене повітря
Більше 16,0	П’ята група - надто сильно забруднене повітря

Ступінь забрудненості повітря м. Умань автотранспортом наведена у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Ступінь забрудненості повітря м. Умань автотранспортом

Група	Назва дослідної ділянки	$V/ V_{ум.}$, $м^3$
Перша група - чисте повітря	Передмістя Бесарабка	0,13
Друга група - відносно чисте повітря	Бабанське КП	0,4
Третя група - забруднене повітря	Вулиця Небесної сотні	2,5
Четверта група - сильно забруднене повітря	Траса Е 95 Траса Е 50 Траса М30	5,1
П’ята група - надто сильно забруднене повітря	Траса М 05 Траса Н 16 Траса М 12	21,8

Дослідження ступеня забрудненості атмосферного повітря міста автотранспортом показало, що половина досліджуваних ділянок – забруднені. Досліджувані ділянки розподілилися на категорії: чиста ділянка,

відносно чиста ділянка, забруднена, сильно забруднена і надто сильна забруднена. До останніх відноситься траси М 05, Н 16, М 12, адже на ній завантаженість автотранспортом досить велика. Лише ті ділянки, які знаходяться в житлових районах та мають значне озеленення є чистими.

Як видно з результатів, отриманих під час розрахунків, метод біоіндикації – ліхеноіндикація виправдав себе і тому саме його в подальшому можна використовувати для оцінки стану атмосферного повітря м. Умань.

3.2. Обгрунтування результатів дослідження стану атмосферного повітря м. Умань за допомогою ліхеноіндикації

У ході проведених досліджень у м. Умань було виявлено 17 видів лишайників із 14 родів, 9 родин, 5 порядків. Серед них 7 видів є індикаторами ступеня забруднення атмосферного повітря: Evernia prunastri (L.) Ach., Hypogymnia physodes (L.) Nyl., Parmelia sulcata Taylor, Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg, Physcia tenella (Scop.) DC., Scoliciosporum chlorococcum (Graewe ex Stenh.) Vězda та Xanthoria parietina (L.) Th. Fr [30].

Аналіз видового різноманіття лишайників у різних районах міста показав, що число видів епіфітів в окремих точках спостережень (у розрахунку на 10 екземплярів деревних порід) значно варіював. Так, якщо в північно-західних і більшій частині східних районів м. Умань число видів на форофітах у вуличних насадженнях коливалося від 1 до 4, то в центральній, північно-східній частині міста та в його околицях їх кількість була вищою і становила 5–7 видів.

Видове різноманіття епіфітних лишайників на форофітах, що зростають у скверах далі від проїжджої частини, було вищим, порівняно з форофітами вуличних насаджень. У цілому при просуванні від околиць до центра міста спостерігалося збіднення видового різноманіття епіфітних лишайників.

За ступенем чутливості до атмосферного забруднення виявлені нами види лишайників можна поділити на чотири групи. Найбільш чутливі до атмосферного забруднення види кущистих лишайників з роду Evernia Ach. Представники останніх були виявлені у природних лісах і насадженнях лише на околицях північно-західної частини міста на достатній віддалі від автошляхів. На території м. Умань лишайники даної групи репрезентовані єдиним видом – Evernia prunastri.

Другу групу видів, сильно та середньо чутливих до атмосферних забруднень, складають епіфітні листуваті лишайники родини Parmeliaceae (Hypogymnia physodes, Parmelia sulcata), які є характерними для природних лісів і парків, рідше – для вуличних насаджень в околицях та центрі міста. Найбільше видове різноманіття лишайників з другої групи було виявлено в північні та північно-західній частині міста. В центральній частині міста ця група епіфітів була представлена меншою кількістю.

Третю групу лишайників-епіфітів складають стійкі до атмосферного забруднення види, які поселяються на еутрофікованій (запиленій) корі. На території міста в цієї групи найчастіше траплялися такі листуваті лишайники, як Phaeophyscia orbicularis та Xanthoria parietina. Ці види поширені досить рівномірно по всій території міста, в тому числі і на корі форофітів вуличних насаджень.

Четверту групу видів складають токситолерантні лишайники. У їх числі і виявлений нами у м. Умань Scoliciosporum chlorococcum – індикатор кислотного забруднення атмосферного повітря. На корі форофітів вуличних насаджень види даної групи траплялися майже по всій території міста у скверах, парках, лісосмугах, вуличних насадженнях.

Досліджуємі території міста Умань ми поділили умовно на три зони. Результати визначення індексу чистоти повітря по зонам м. Умань наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Індекс чистоти повітря по зонам м. Умань

Точка виміру	І.Ч.П.
1 зона	
Вул.Вокзальна	3,6
Вул.Старицького	3,8
Вул.Промислова	3,8
2 зона	
Вул.Черкаська	8,2
Вул.Смілянська	8,6
Вул.Шполянська	9,3
Вул.Корсунь-шевченківська	9,8
3 зона	
Вул. Інтернаціональна	10,0
Вул.Павлова	10,0
Вул.Бетховена	10,2
Вул.Київська	10,2

Для більшої наочності результати визначення індексу чистоти повітря по зонам м. Умань наведені на рисунку 3.1.

Таким чином, на основі даних розрахунку І.Ч.П. для м. Умань нами було виділено три ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони, які в значній мірі корелюють з даними картування груп епіфітних лишайників з подібною чутливістю до атмосферних забруднень.

Сильно забруднена ліхеноіндикаційна зона 1 (І.Ч.П. = 3,6–3,8) має вигляд ізольованого осередку, де зростають токситолерантні лишайники Scoliciosporum chlorococcum, а також лишайники середньої чутливості до забруднення Parmelia sulcata, Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis. Епіфітний покрив лишайників в даній зоні відрізняється найбіднішим видовим різноманіттям.

Середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона 2 (І.Ч.П. = 5,2–9,8) міста. Видовий склад лишайників в даній зоні багатший, ніж у сильно забрудненій ліхеноіндикаційній зоні. Зокрема, зустрічалися такі види: Hypogimnia physodes, Parmelia sulcata, Physcia tenella. У цій зоні виявлені поодинокі слані

найчутливішого до атмосферного забруднення представника кущистих лишайників – Evernia prunastri.

Слабко забруднена ліхеноіндикаційна зона 3 (І.Ч.П. = 10,0–10,2) характеризується найвищим видовим різноманіттям покриву епіфітних лишайників в цілому, також присутністю найчутливіших до атмосферного забруднення видів кущистих лишайників – Evernia prunastri.

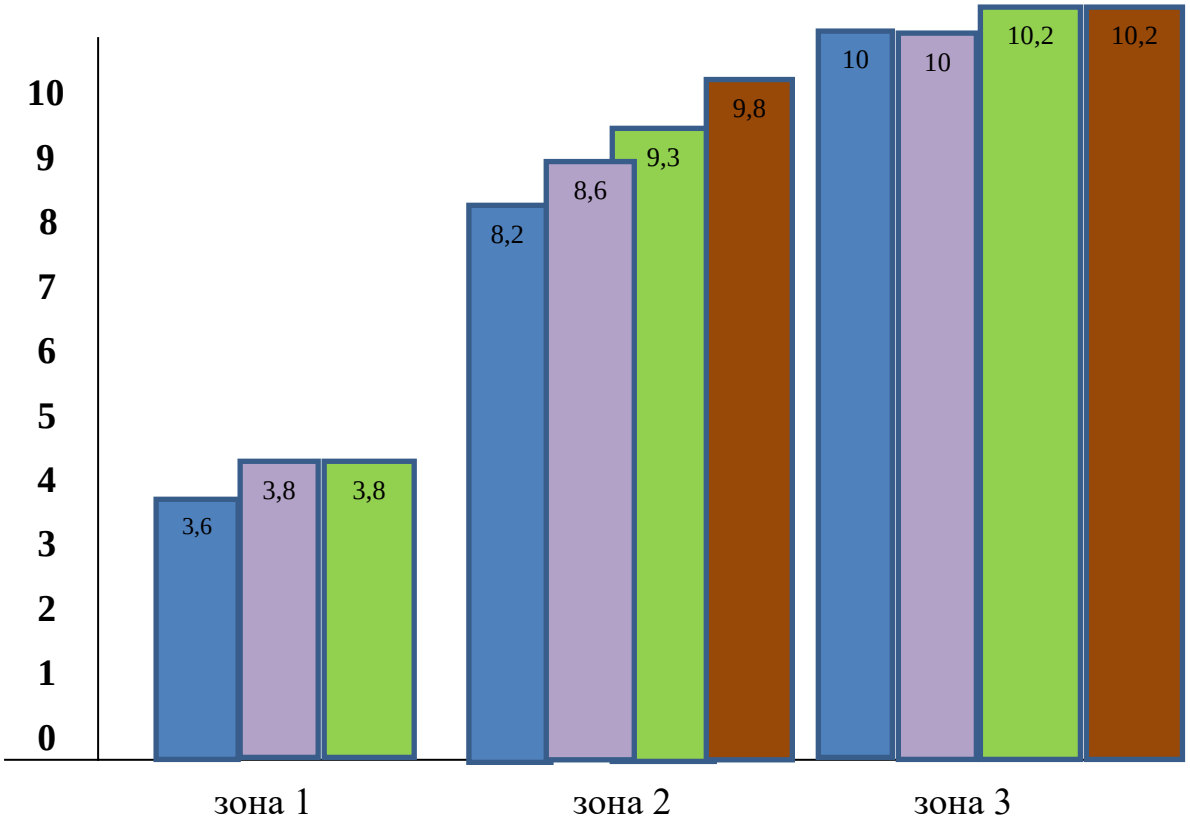

Рис. 3.1. Показники індексу чистоти повітря по зонам в місті Умань визначені за допомогою методу ліхеноіндикації

Для ізотоксичних зон, що були виявлені нами для території зони 1 м. Умань на основі ліхеноіндикаційиих показників, прослідковується зв’язок з ареалами високих концентрацій в повітрі деяких забруднювачів. Останні в основному пов’язані з осередками атмосферних транспортних викидів та викидів промисловості (Уманський мясокомбінат, елеватор, СТО). Уманське міське сміттєзвалище розташоване за межами міста неподалік автошляху

Київ – Одеса, та лише в 2 кілометрах від одного мікрорайону міста Східний. Площа діючого полігону твердих побутових відходів в м. Умань складає 29,60 *га*. За даними статистики міськради щороку до сміття звалища завозиться близько 30 тис. тон сміття, на добу – 73-75 *т*. Сморід і дим від сміттєзвалища отруює Умань. Особливо потерпає новий мікрорайон, який за 2 кілометри від полігону твердих побутових відходів. Щоліта переповнений смітник тліє, горить і тхне. На даний час сміттєзвалище в Умані найнебезпечніше в області. У районах із високими значеннями І.Ч.П. розповсюджені кущисті лишайники. Так, такий вид, як Evernia prunastri, була виявлена нами на досліджених.

Результати ліхеноіндикаційних досліджень свідчать про те, що територія м. Умань в цілому є слабко забрудненою. Незабруднені райони міста приурочені до паркових зон міста, які зберігають певні риси природних екотопів.Переважання за площею середньо забрудненої ліхеноіндикаційної зони свідчать про те, що основним фактором, який впливає на стан атмосферного повітря м. Умань, є автотранспорт.

Проведена оцінка екологічного стану повітря в мікрорайонах м. Умань показала, що добрим і задовільним він є лише в паркових зонах міста. Зонами значного забруднення є мікрорайони з напруженим транспортним рухом. Зонами сильного забруднення є промислові райони міста або ж райони, де наявність комунальних та промислових викидів поєднується з активним рухом транспорту. На ріст та розвиток лишайників впливає не тільки забрудненість повітря кислотними оксидами, вони чутливі до вологості, температури, наявності біоактивних речовин.

РОЗДІЛ 4
ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

4.1 Екологічне обгрунтування доцільності використання методу ліхеноіндикації

До природоохоронних заходів відносяться всі види господарської діяльності, спрямовані на зниження і ліквідацію негативного антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, збереження, покращення і раціональне використання природно-ресурсного потенціалу країни.

Атмосферне повітря є невичерпним ресурсом, але діяльність людини впливає на атмосферу і змінює склад повітря. Ці зміни можуть бути настільки значними, що виникає потреба в охороні повітряного басейну. З розвитком промисловості, енергетики і транспорту порушується газовий баланс в атмосфері, оскільки збільшується вміст вуглекислого газу і зменшується кисню.

Заходами для покращення екологічного стану повітряного басейну міста Умань є:

- оптимізація дорожнього руху в місті:

- розвиток автоматизованої системи управління дорожнім рухом; впорядкування пасажирського транспорту, зменшення кількості автобусів, що здійснюють перевезення пасажирів, надання переваги розвитку міського електротранспорту, використання автобусів великої місткості;

- запровадження спорудження багатоярусних автостоянок, житлових будинків з підземними гаражами;

- встановлення споживачам (на кожний будинок, установу, організацію) теплолічильники в обсязі 200 шт;

- будівництво теплонасосної станції з використанням низькотемпературного тепла стічних вод очисних споруд м. Умань;
- реконструкція котельні міста;
- проведення контролю за викидами забруднюючих речовин автотранспортом; установка пилеосаджувальної камери з фільтром.

Для визначення екологічного стану атмосферного повітря використовуються різні методи дослідження, але більшість з них є дуже складними або дорогими. Економічна ситуація в Україні зумовлює необхідність пошуку альтернативних варіантів визначення забруднення повітря. Тому доцільно використовувати методи біоіндикації та біоаналізу, які є значно простішими і не потребують значних матеріальних витрат. Найбільш поширеним методом моніторингу стану повітряного середовища є ліхеноіндикаційна оцінка стану атмосферного забруднення.

Ліхеноіндикаційна оцінка стану атмосферного забруднення має особливе значення в системі екологічного моніторингу, оскільки має накопичувальний характер, тобто відображає середній багаторічний стан атмосферного повітря і при багаторазовому тестуванні дає уявлення про динаміку забруднення міських територій. Крім того, цей метод дозволяє охопити великі міста, де складно і дорого проводити моніторинг стану атмосферного повітря на стаціонарних постах. Лишайникова індикаторна оцінка атмосферного забруднення проводилася в багатьох містах світу і на сьогоднішній день є одним з найпростіших і найдешевших методів моніторингу стану міських екосистем.

Метод має низку переваг перед інструментальними методами, є високоефективною, не потребує великих витрат і дає можливість характеризувати стан довкілля протягом тривалого періоду часу. Екологічні фактори суворо визначають, які організми можуть жити в даному місці, а які ні. Лишайники є індикаторними організмами для визначення стану навколишнього середовища, в тому числі якості повітря. Висока чутливість лишайників до забруднення зумовлена тим, що взаємодія їхніх компонентів

легко порушується, тому вони особливо вразливі до забруднення повітря. Переваги лишайникової індикації: висока точність виявлення, висока чутливість до забруднення, тривалий вплив низьких концентрацій забруднювачів спричиняє пошкодження лишайників, які не зникають до відмирання їхніх сланей, тому для покращення екологічного стану атмосферного повітря м. Умань необхідно вжити ряд заходів, а також проводити дослідження стану атмосферного повітря різними методами ліхеноіндикації, як нового альтернативного підходу, що є високоефективним та не потребує великих затрат і дає можливість характеризувати стан довкілля за тривалий період часу, а також визначати рівень забруднення токсичними речовинами атмосферного повітря в комплексі з фізико-хімічними методами.

4.2 Оцінка витрат на моніторинг повітря засобами ліхеноіндикації

Для проведення класичної «пасивної» ліхеноіндикації в місті необхідно періодично проводити обстеження лишайників на обраних деревах у всіх мікрорайонах міста, вздовж найбільш пожвавлених доріг, а також у паркових зонах з метою моніторингу наступних показників. Початковою точкою цих маршрутів є наш університет. Деякі з маршрутів частково виходять за межі міста, але така конфігурація дозволяє дещо скоротити час у дорозі (через об'їзну дорогу) і отримати ряд додаткових контрольних точок. Загальна протяжність пропонованих маршрутів складає біля 70 *км*. Потрібний час розрахований, виходячи із власного досвіду проведення досліджень. Маючи навички, обстеження одного дерева займає менше 3 хвилин. Також приблизно враховано час на пересування та зупинки на маршруті.

З нашого досвіду, автомобільний маршрут є оптимальним по часу та можливості обстеження у віддалених мікрорайонах

Порахуємо затрати, необхідні на його реалізацію за допомогою формули 4.1:

$$F=(L\times e/100))\times C, \qquad (4.1)$$

де F – кількість коштів, затрачених на пальне;

L – загальна довжина маршрутів, *км*;

e – кількість літрів палива, що витрачає автомобіль на 100 *км* пробігу;

C –вартість пального за 1 літр, *грн.*

Протяжність маршрутів у нашому випадку 69,0 *км*, витрата пального

– 9 літрів /100 *км* (з врахуванням міського циклу, частих зупинок), середня ціна 1л пального у листопаді 2023 року – 54,0 *грн*.

Відповідно

$$F = (69{,}0\times 9{,}0/100)) \times 54{,}0 = 335{,}3 \text{ грн}$$

Крім цього, варто окремо оцінити затрати часу на проведення дослідження.

Сумарні затрати часу на маршрутні складають обстеження –28,5 *годин*. Втім, потрібно врахувати, що цей час затрачається двома працівниками – водієм та власне дослідником. Крім того, після польових досліджень потрібна аналітична обробка отриманих даних кваліфікованим персоналом. Сумарні затрати наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Сумарні затрати на ліхеноіндикацію

Вид робіт	Персонал	Оплата праці, *грн./годину*	Затрачений *час, годин*	Нараховані кошти, *грн*
маршрутні обстеження	водій	50,48	28,5	1439
	лаборант	55,46	28,5	1580
геопросторовий аналіз результатів	еколог	64,02	14	896,3
складання цифрових карт якості повітря	інженер-картограф	69,14	10	691
Всього			81	4606,3

Таким чином, загальні трудовитрати на проведення запропонованого дослідження потребують 4606,3 *грн*. Враховуючи витрати на пальне для проведення маршрутних вартість пального для маршрутних обстежень, загальна сума витрат становитиме 4941,3 *грн*.

Періодичність таких обстежень - один раз на рік (через повільний ріст лишайників - 1-4 мм/рік).

Лишайники ростуть повільно (-1-4 мм/рік), але вони дають адекватну середню картину забруднення повітря, особливо оксидами сірки та азоту.

В якості подальших пропозицій в дослідженні стану атмосферного повітря міста Умань, пропонуємо організувати паралельну систему ліхенологічних досліджень, які використовують пересадку лишайників з чистих біотопів у міське середовище для оцінки стану атмосферного повітря.

Проєктована система включатиме:

- відбір зразків лишайників у лісах, доставка матеріал до точок висадки;
- виготовлення пристрою та його закріплення на деревах;
- періодичні спостереження 2 рази протягом місяця;
- фотографування досліджуваного матеріалу;
- обробка даних, створення та ведення бази даних.

Проведення ліхенологічних робіт вимагає затрат часу і коштів.

Розглянемо їх по окремих видах робіт. Для того, щоб відібрати зразки лишайників з дерев, треба затратили 2 год 30 хв. Періодичні спостереження, фотографування досліджуваного матеріалу займатиме час по 30 хв на кожну точку. Для виготовлення пристроїв і прикріплення їх до субстратів витрачається приблизно по 15 хв на кожну точку:

$$t_1 = t \times n \qquad (4.2)$$

де t_1 - час на виготовлення і прикріплення пристроїв;

t – час, що буде витрачений на 1 точку (15 хв);

n – загальна кількість точок.

$$t_1 = 15 \times 18 = 270\ (хв.) = 4{,}5\ (год).$$

t_2 =150 (*хв*) = 2 *год* 30 *хв*,

де

t_2 - час, що був затрачений на поїздку за пристроями.

$$t'_3 = t' \times n \qquad (4.3)$$

де t'_3 - час спостереження за лишайниками і фотографування 1 раз в місяць;

t'- час, що займатиме фотографування і опис однієї точки (15*хв*).

t'_3 = 15×18 = 270 (*хв*) = 4,5 (год).

$$t_3 = (t'_3 \times 2) \times K \qquad (4.4)$$

де

t_3 - час, що буде затрачений на дослідження і фотографування лишайників протягом 2 разів протягом 6 місяців;

К – кількість місяців спостереження (6 міс).

$$t_3 = (270 \times 2) \times 6 = 3240\ (хв) = 54\ (год)$$

Тепер є дані, за допомогою яких можна вирахувати робочий час за весь період досліджень за лишайниками.

$$T_1 = t_1 + t_2 + t_3, \qquad (4.5)$$

де

T_1 - робочий час при спостереженні за лишайниками

$$T_1 = 270 + 150 + 3240 = 3660\ (хв.) = 61(год)$$

Отже, робочий час, який буде використаний на вибір матеріалу, його підготовку, закріплення, спостереження,дослідження і фотографування становитиме 3660 хвилин або 61 година. Цей час фактично становитиме повні 13 робочих днів, адже крім безпосередньо часу обстеження (4,5 год 12 днів протягом 6 місяців), потрібно врахувати час на власне пересування по визначених точках і маршрутах. Крім того, польові результати треба опрацювати статистично та аналітично. На це потрібно 10-14 робочих днів. Додавши середнє значення, фактично отримаємо 1 повний робочий

місяць. Залежно від кваліфікації виконавця, витрати на заробітну плату становитимуть в середньому 12 *тис.грн*.

Витрати на пальне можна порахувати аналогічно попередньому прикладу, адже основні маршрути обстежень лишаються такими ж. Щоправда, при активній ліхеноіндикації потрібні 12 виїздів:

335,3 *грн*. х 12 = 4023,6 *грн.*

Зазначимо, що після перших 6 місяців спостережень подальші описи достатньо проводити як і при пасивній ліхеноіндикації –1 раз на рік.

Разом витрати на пасивну (4941,3 *грн*.) та активну (12000+4023,7 = 16023,6 *грн*.)

Звичайно, виключно ліхеноіндикація не може повноцінно замінити інструментальні спостереження, але за правильного виконання дає змогу отримати набагато більше просторово диференційованої інформації про екологічний стан повітря у різних районах міста, і при цьому потребує мінімальних затрат фінансових ресурсів.

Отже, провівши необхідні економічні розрахунки та обгрунтування, ми оцінили високу доцільність та економічну ефективність впровадження методу ліхеноіндикації для визначення стану атмосферного повітря у місті Умань.

ВИСНОВКИ

Аналіз світового наукового досвіду використання методу біоіндикації для оцінки забруднення атмосферного повітря, доводить, що цей метод є одним із перспективних та економічно-доцільних методів екологічного моніторингу включає велику кількість аспектів, пов'язаних із використанням біологічних об'єктів для індикації впливу антропогенного навантаження на стан довкілля. Як відомо, організми біоіндикатори мають бути нечутливими і дуже стійкими до забруднення шкідливими речовинами.

В атмосферному повітрі містяться десятки різноманітних забруднюючих речовин, які є токсичними та шкідливо діють як на людину, так і на інші живі організми, тому в містах і на прилеглих до підприємств територіях створені системи контролю забруднення та їх концентрації, але вони мають певні недоліки. Результати, отримані завдяки використанню таких приладів, повідомляють про стан атмосферного повітря лише на даний момент і фрагментарно, оскільки мережа систем контролю недостатньо щільна, а її розширення обмежене через високу вартість приладів.

Метод ліхеноіндикації – це доступний, ефективний та недорогий спосіб оцінки екологічного стану атмосферного повітря в містах та промислових зонах.

В ході застосування ліхеноіндикаційних методів для оцінки стану атмосферного повітря міста Умань, було встановлено, що лишайники є відмінними індикаторами речовин, які надходять в атмосферу, вони не мають необхідних пристосувальних властивостей, які могли запобігти надходженню цих речовин до їх організму, тому забруднюючі речовини постійно накопичуються в тілі лишайників. Отже, метод ліхеноіндикації може бути успішно використаний для визначення ступеня атмосферного забруднення міста.

Встановлено, що основними екологічними ознаками лишайників є індивідуальні властивості до існування в певних умовах певних груп

лишайників. А чутливість їх до забруднення залежить від виду, накипні види є найменш чутливими до забруднень, листуваті – помірно чутливими та кущисті – найбільш чутливі до будь-яких забруднень. Також, під час проведення досліджень стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації, було проаналізовано видовий склад лишайників.

Також під час дослідження стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації проаналізовано видовий склад лишайників.

У результаті наших досліджень зроблено загальну оцінку рівня пригнічення росту епіфітних лишайників за відстанню та наближеністю до джерела забруднення на дослідних площах. На досліджуваних ділянках розраховано відсоток покриття стовбурів дерев лишайниками. На основі аналізу отриманих результатів встановлено, що показник ступеню покриття лишайниками зменшується з наближенням до джерела забруднення та збільшується з віддаленням від нього.

Отримані результати спостережень за лишайниками, в межах і за межами міста Умань дали чітку інформацію про стан атмосферного повітря на прилеглих територіях, яка показує сильний ступінь забруднення токсичними речовинами зони, де зосереджені осередки атмосферних транспортних викидів та викидів промисловості (Уманський м`ясокомбінат, елеватор, СТО). Особливо потерпає новий мікрорайон, який за 2 кілометри від полігону твердих побутових відходів. Дослідження ступеня забрудненості атмосферного повітря міста автотранспортом показало, що половина досліджуваних ділянок – забруднені. Досліджувані ділянки розподілилися на категорії: чиста ділянка, відносно чиста ділянка, забруднена, сильно забруднена і надто сильна забруднена. До останніх відноситься траси М 05, Н 16, М 12, адже на ній завантаженість автотранспортом досить велика.

Незабруднені райони міста приурочені до паркових зон міста, які зберігають певні риси природних екотопів. Ділянки, які знаходяться в житлових районах та мають значне озеленення є чистими.

Таким чином, метод ліхеноіндикація не потребує спеціального обладнання, лабораторій, це –візуальні та статистичні дослідження, проводити їх можуть учні, студенти.

Проведена оцінка екологічного стану повітря в мікрорайонах м.Умань показала, що добрим і задовільним він є лише в паркових зонах міста.

Сильно забруднена ліхеноіндикаційна зона 1 (І.Ч.П. = 3,6–3,8) має вигляд ізольованого осередку, де зростають токситолерантні лишайники Scoliciosporum chlorococcum, а також лишайники середньої чутливості до забруднення Parmelia sulcata, Physcia tenella, Phaeophyscia orbicularis. Епіфітний покрив лишайників в даній зоні відрізняється найбіднішим видовим різноманіттям.

Середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона 2 (І.Ч.П. = 5,2–9,8) міста. Видовий склад лишайників в даній зоні багатший, ніж у сильно забрудненій ліхеноіндикаційній зоні. Зокрема, зустрічалися такі види: Hypogimnia physodes, Parmelia sulcata, Physcia tenella. У цій зоні виявлені поодинокі слані найчутливішого до атмосферного забруднення представника кущистих лишайників – Evernia prunastri.

Слабко забруднена ліхеноіндикаційна зона 3 (І.Ч.П. = 10,0–10,2) характеризується найвищим видовим різноманіттям покриву епіфітних лишайників в цілому, також присутністю найчутливіших до атмосферного забруднення видів кущистих лишайників – Evernia prunastri.

На ріст та розвиток лишайників впливає не тільки забрудненість повітрякислотними оксидами, вони чутливі до вологості, температури, наявностібіоактивних речовин, як показав експеримент.

Проведена економічна оцінка засвідчила високу ефективність впровадження в умовах міста Умань методу ліхеноіндикації для визначення екологічного стану повітря.

ПРОПОЗИЦІЇ

Основними рекомендаціями для покращення екологічного стану повітря у місті Умань є впровадження наступних рекомендацій, а саме:

- використовувати інноваційні екологічно чисті технології у виробництві;

- перейти на більш чисті види палива: природний газ, біогаз, біопаливо;

- встановити фільтри на підприємствах;

- збільшити кількість зелених насаджень у місті;

- формувати високий рівень екологічної освіти та культури серед громадян;

- посилити контроль санітарно-епідеміологічної станції за санітарно-гігієнічним станом міста;

- організувати регулярний екологічний аудит та експертизу викидів автотранспорту;

- підтримувати належний, відповідно до норм, санітарний стан міста;

- розробити заходи з організації й постійного проведення екологічного моніторингу.

Крім того, у звязку з тим, що сморід і дим від сміттєзвалища отруює новий район міста Умань, який знаходиться за 2 кілометри від полігону твердих побутових відходів необхідно організувати роздільний збір сміття у багатоповерхових будинках та влаштувати це спочатку у окремому районі міста. Згодом, потрібно виділити кошти на будівництво сміттєпереробного заводу. Але, ще більшою необхідністю є усвідомленість самих уманчан в потребі сортувати сміття. Це і буде першим етапом на шляху до розділеного збору сміття, що вже давно існує за кордоном.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біоіндикація як метод оцінки стану навколишнього середовища URL: https://vuzlit.ru/624186/lihenoindikatsiya (дата звернення: 27.05.2018)

2. Бойко М. Ф., Ходосовцев О. Є. Мохоподібні і лишайники. Навчальний посібник для студентів. Херсон: Айлант, 2001. 68 с.

3. Вельчева Л.Г., Антоновська Л.В. Вивчення стану атмосферного повітря методом ліхеноіндикації. Екологія та ноосферологія: зб. наук. праць. 2018. Т. 19, № 1-2. С. 182-185

4. Вікторов С. В. Індикаційнна геоботаніка /Г. Л. Ремезова., 2000. 167 с.

5. Васькін Р.А.,Васькіна І.В. Визначення забруднення атмосфери двоокисом сірки методом ліхеноіндикації. Науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» (Суми, 14–17 квітня 2015 р.). Суми, 2015. 179 с.

6. Горова А.І. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт /А.В. Павличенко:Національний гірничий університет, 2014. 76 с.

7. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів.К., 1994.279 с

8. Дідух Я.П. Фітоіндикація екологічних режимів рослинних угруповань урочища Холодний Яр. Ботанічний журнал. 2002. № 1. С. 17-22.

9. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) від 09. 07.1997 р. № 201 Дана оновлення: 23.02.2000 URL: http://www.uazakon.com/big/text1359/pg2.htms (Дата звернення: 08.09.2018)

10. Димитрова Л. В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря у м. Києві. У Український ботанічний журнал. 2008. Т. 65, № 4. С. 572-585

11. Димитрова Л. Облік видового різноманіття лишайників з метою

індикації стану навколишнього середовища Основи спостережень за станом довкілля. 2010. С.139-149

12. Димитрова Л.В. Ліхеноіндикація атмосферного повітря м. Полтава. Український ботанічний журнал, 2008. С 25-40.

13. Дмитрова Л. В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва Український ботанічний журнал. 2008. Т. 65, № 4. С. 572-585. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UBJ_2008_65_4_12

14. Дорогунцов С.І., Коценко К.Ф., Хвесик М.А. Екологія: підручник. Київ: КНЕУ, 2005. 371 с.

15. Екологія: методичний посібник для проведення лабораторних робіт / укл. О. О. Коновалова, Г. П. Андрейко. Харків.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. 56 с.

16. Екологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / за загальною ред. О. Є. Пахомова. Харків: Фоліо, 2014. 666 с.

17. Економічне оцінювання можливості впровадження біоіндикаційного моніторингу атмосферного повітря (на прикладі Луцька) URL: http://mijkraj.com.ua/ekologiya-ta-zdorovya-natsiji/otsinka-ekolohichnoho-stanuatmosfernoho-povitria

18. Епіфітні лишайники та мохоподібні як індикатори стану атмосферного повітря міста Києва URL: https://revolution.allbest.ru/ecology/00588389_1.html (дата звернення: 17.09.2018)

19. Жицька Л. Ліхеніндикація атмосферного забруднення м. Черкаси //Науковий вісник Чернівецького університету: Зб. наук. праць. Вип.417: Біологія. Чернівці: «Рута», 2008. С. 79-84

20. Забруднення атмосферного повітря URL: https://lektsii.com/2-87786.html

21. Закон України Про охорону атмосферного повітря від 16.10.1992 р. № 2707-XII Дата оновлення: 18.12.2007 URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12

22. Заставецька О. В. Заставецький Б.І., Ткач Д.В. Географія Тернопільської області: навч. посібн. Тернопіль: Підручники і посібники, 1998. 104 с.

23. Кашуба О.О. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря рекреаційних зон м. Запоріжжя. Біологічні роботи / 2012. С. 130–135.

24. Клименко В.М. Ліхеноіндикаційна оцінка змін якості атмосферного повітря міста Херсона за 20 років Чорноморський ботанічний журнал. 2015. Том 11, №4. 21 с.

25. Клименко В.М. Ліхеноіндикаційна оцінка якості повітря невеликих і середніх міст півдня України. Чорноморськ. бот. ж. Херсон, 2016 №2 С. 191-205.

26. Кондратюк С. Я. Індикація стану навколишнього середовища України за допомогою лишайників Київ: Наук. думка, 2018. 336 с.

27. Кондратюк С.Я., Мартиненко В.Г. Ліхеноіндикація (Посібник). Кіровоград; ТОВ «КОД», 2016. 260 с.

28. Лишайники URL: http://roslunu.com.ua/l/88

29. Лихеноіндикація. URL: http://um.co.ua/13/13-1/13-14241.html

30. Лишайники – індикатори забруднення повітря URL: http://pti.kiev.ua/statti/636-lishayniki-ndikatori-zabrudnennya-povtrya.html

31. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Рівне, 2018.

32. Літовинська А.В. Поширення чутливих до забруднення атмосферного повітря видів лишайників на території м. Рівного Український ботанічний журнал. 2016. Т. 73, № 1. С. 51-55

33. Методика вимірювання відносної чисельності лишайників URL: http://um.co.ua/13/13-1/13-14244.html

34. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Біоіндикація і біотестування» призначені для студентів магістрів спеціальності 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища» / упорядники: к.с.-г.н. Курбет Т.В. Житомир: ЖДТУ, 2014. 25 с.

35. Морозова Т. В. Різнорівнева біоіндикаційна оцінка екологічного стану слабкоурбанізованих селітебних територий Чернівецької області: автореф. дис… канд. біол. наук: 03.00.16; Чернів. нац. ун-т ім. Ю.Федьковича. Чернівці, 2005. 22 с.

36. Н. О. Зоріна Н. О, Радловська К.О, Боднар Н.В, Голембйовська М. Ю. Оцінка екологічного стану атмосфери міста Івано-Франківська методом ліхеноіндикації Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Івано-Франківськ, 2022. № 1. С. 70-84.

37. Никифоров В.В., Дігтяр С.В.,Мазницька О.В.,Козловська Т.Ф. Біоіндикація та біотестування. Кременчук: Вид-во ПП Щенбатих О. В., 2019. 76 с.

38. Новак В.Г., Новак А.В. Агрометеорологічні умови 2019–2020 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2021. Вип. №1. С. 27–29.

39. Окснер А.М., Макаревич М.Ф., Кондратюк С.Я. и др. Флора лишайників України. Том 2. Выпуск 3 Київ: Наук. думка, 2010.34 с.

40. Основні правила організації ліхеноіндікаціонних досліджень URL: http://um.co.ua/13/13-1/13-14242.html

41. Охорона атмосферного повітря URL: https://lubbook.org/book_205_glava_9_3.2._Okhorona_atmosfernogo_pov.ht ml

42. Охорона праці в галузі: конспект лекцій / укл.:Сівак В.К, Солодкий В.Д., Пантело І.М. Чернівці: Чернівецький нац.ун-т, 2010. 149 с.

43. Оцінка забруднення атмосферного повітря у місті Сокаль методами ліхеноіндикації [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ekolosok.org/naukovyy-kerivnyk-otsinka-zabrudnennia-atmosfernoho-povitria-umisti-sokal-metodamy-likhenoindykatsii/.

44. Пірогов М. В. Волгін С. О. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною ліхенофлорою шпилькових і листяних дерев на Західній Україні Наукові основи збереження біотичної різноманітності. Тематич. збірн.

Інститут екології Карпат НАН України. Львів: Ліга-Прес, 2006 В. 7. С. 86–91.

45. Сафонов А.І.Фітоіндикація забруднення важкими металами антропогенно трансформованого середовища Донбасу/автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук:03.00.16 / Дніпропетровський національний ун-т. Д., 2004. 22 с.

46. Слободян, В.О. Біоіндикація [Текст]: навч. посіб. /ІваноФранківськ: Полум'я, 2004. 196 с.

47. Суханова І.П. Ліхеноіндикація якості повітряного середовища дендропарку «Софіївка» НАН України. Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. Біологія та валеологія. 2012. Вип.14. С.162-170.

48. Рабош І.О., Кофанова О. Ліхеноіндикаційні дослідження в градієнті антропогенного навантаження (на прикладі паркових зон м.Києва). Екологічні науки 2019. №1 (24). Т.1. С.46-50

49. Ханнанова О.Р.,Арканова А.А.Біоіндикаційна оцінка стану атмосферного повітря полтавського міського парку. Біологія та екологія. 2017. Т.3. №1-2. С.69-75

50. Хомін К.О., Григор'єва Л.І. Біоіндикатори у системі моніторингу атмосферного повітря. МАТЕРІАЛИ XV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «РАДІАЦІЙНА І ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ ТА ДОВКІЛЛЯ: СТАН, ШЛЯХИ І ЗАХОДИ ПОКРАЩЕННЯ». м.Миколаїв,6-9 червня, 2019, 68 с.

51. Чухрій Ю.П. Біоіндикація.Біотестування.Біомоніторинг. Конспект лекцій. Одеса: ОНАХТ, 2014. 41 с

52. Шершова Н.В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в місті Васильків Київської області. Український ботанічний журнал. 2018. 75(2). С.143-148.

53. Царик Л.П., Грицак Л.Р., Царик П.Л., Вітенко І.М., Каплун І.Г., Гінзула М.Я. Прикладна екологія:навчальний посібник.Частина І. Біоекологічний та геоекологічний виміри. Тернопіль: Редакційновидавничий

відділ ТНПУ, 2017. 250 с

54. Bao Y. Ju Y., Li B., Sun Y. Migration of trace elements from basalt substrate to co-located vegetation (lichens and mosses) at the Wudalianchi volcanos, Northeast China Journal of Asian Earth Sciences. 2022. V. 118. P. 95-100.

55. Boamponsem L. K., Freitas C.R., Williams D. Source apportionment of air pollutants in the Greater Auckland Region of New Zealand using receptor models and elemental levels in the lichen, Parmotrema reticulatum Atmospheric Pollution Research. 2017. V. 8. P. 101-113.

56. Bubach D., Catan S. P., Fonzo C. Di, L. Dopchiz, M. Arribere, M. Ansaldo. Elemental composition of Usnea sp lichen from Potter Peninsula, 25 de Mayo (King George) Island, Antarctica Environmental Pollution. 2021. V. 210. P.238-245.

57. Darnajoux R. Lutzoni F., Miadlikowska J., Bellenger J.-P. Determination of elemental baseline using peltigeralean lichens from Northeastern Canada (Quebec): Initial data collection for long term monitoring of the impact of global climate change on boreal and subarctic area in Canada Science of the Total Environment. 2022. V. 533. P. 1-7.

58. De Sloover J., Le Blanc F. Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity. Varanasi, 2018. P. 42 56.

59. Hawksworth D. L., Rose F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens Nature. 2019, N5254- P. 145-148.

60. International Association for Lichenology URL: http://www.lichenology.org

61. Lisovitskaya O. V., Terekhova V. A. Fitotestirovanie: osnovnye podkhody, problemy laboratornogo metoda i sovremennye resheniya. Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniyu. 2020. Vol. 13, No. 1. P. 1–18.

62. Kolkwitz R., Marsson M. Grundsatze fur die biologishe Beurtheilung des Wassers hach seinerFlora und Fauna.Mitteil. aus der konigl. Prufungang fur

Wasserbesorg. und Abwasserbes. 2022. H. 1. P. 33

63. Kolkwitz R., Marsson M. Ökologie der tierischenSaprobien. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 2019. Bd. 2. P. 126-152

64. Ponmurugan P., Ayyappadasan G., Verma R.S., Nayaka S., Ayyappadasan G. Survey, distribution pattern and elemental composition of lichens in Yercaud hills of Eastern Ghats in southern India Journal of Enviromental Biology. 2016. V. 37. P. 407-412.

65. Samsudin M.W., Din L., Zakaria Z., Latip J., Lihan T., Jemain A.A. Measuring Air Quality using Lichen Mapping at Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Campus Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2018. V. 59. P. 635-643.

66. Trass H. Indeks samblikuruhmi Utstc kasutamiseks ohu saastatuse malramiscl/ Eesti Loodtis. 2018. N 10. P. G28.

67. Will-Wolf S. Lichen elemental content bioindicators for air quality in upper Midwest, USA: A model for large-scale monitoring / S. Will-Wolf, S. Jovan, M. C. Amacher. Ecological Indicators. – 2017. – V. 78. – P. 253-263.

68. Will-Wolf S., Jovan S., Amacher M.C. Lichen elemental content bioindicators for air quality in upper Midwest, USA: A model for large-scale monitoring Ecological Indicators. 2019. V. 78. P. 253-263