

### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИЛЕГЛІЙ ДО АЕРОПОРТУ

**В. М. Ісаєнко, С. М. Маджд, Ю. О. Процак**

Національний авіаційний університет

просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна. E-mail: madzhd@ukr.net

Розглянуто вплив авіаційної галузі на стан навколишнього середовища, зокрема на атмосферне повітря. Проаналізовано можливість застосування методів біоіндикації, під час проведення моніторингу повітря на прилеглих територіях до авіаційних підприємств та вказано переваги біоіндикаційних досліджень над існуючими фізико-хімічними методами. Представлено результати проведених спостережень за станом атмосферного повітря на територіях прилеглих до міжнародного аеропорту «Київ». Визначено переважаючий видовий склад епіфітних лишайників та, за допомогою цього, визначено ступінь антропогенного перетворення територій, наближених до аеропорту. Також, на досліджуваних ділянках було розраховано відсоток покриття лишайниками стовбура дерев. На підставі аналізу отриманих результатів встановлено, що показник ступеня покриття лишайників зменшується з наближенням до джерела забруднення і збільшується з віддаленням від нього. Визначено ступінь забруднення повітря на відстанях 20, 500, 1000, 1500 та 2000 метрів від підприємства з експлуатації авіаційної техніки. В ході проведення досліджень зроблено висновки про ефективність, достовірність та доцільність застосування методу ліхеноіндикації під час проведення моніторингових досліджень стану атмосферного повітря на територіях з інтенсивним техногенним впливом.

**Ключові слова:** аеропорт, забруднення повітря, моніторинг, біоіндикація, ліхеноіндикація.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К АЭРОПОРТУ

**В. Н. Исаенко, С. М. Маджд, Ю. А. Процак**

Национальный авиационный университет

просп. Любомира Гузара, 1, г. Киев, 03058, Украина. E-mail: madzhd@ukr.net

Рассмотрено влияние авиационной отрасли на состояние окружающей среды, в частности на атмосферный воздух. Проанализирована возможность применения методов биоиндикации, при проведении мониторинга воздуха на прилегающих территориях к авиационным предприятиям, и указаны преимущества биоиндикационных исследований над существующими физико-химическими методами. Представлены результаты проведённых наблюдений за состоянием атмосферного воздуха на территориях, прилегающих к международному аэропорту «Киев». Был определён преобладающий видовой состав эпифитных лишайников и, посредством этого, определена степень антропогенного преобразования территорий, приближенных к аэропорту. Также, на исследуемых участках было рассчитано процент покрытия лишайниками ствола деревьев. На основании анализа полученных результатов установлено, что показатель степени покрытия лишайников уменьшается с приближением к источнику загрязнения и увеличивается с удалением от него. Определена степень загрязнения воздуха на расстояниях 20, 500, 1000, 1500 и 2000 метров от предприятий с эксплуатации авиационной техники. В ходе проведённых исследований сделаны выводы о эффективности, достоверности и целесообразности применения метода лишеноиндикации во время проведения мониторинговых исследований состояния атмосферного воздуха на территориях с интенсивным техногенным влиянием.

**Ключевые слова:** аэропорт, загрязнение воздуха, мониторинг, биоиндикация, лишеноиндикация.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Аеропорт являє собою багатофункціональне підприємство, яке займає значні території і має велике функціональне значення. Він має широкий спектр видів діяльності, починаючи від приймання і відправлення пасажирів і закінчуючи великою кількістю об'єктів призначених для обслуговування самих літаків [1]. Тому його діяльність, і сама авіаційна галузь, має значний вплив на стан навколишнього середовища. Ще до недавнього часу дослідженням впливу діяльності авіаційних підприємств на екосистеми та людину і її здоров'я, приділялося не достатньо уваги і не відводилося належне місце серед існуючих сучасних проблем суспільства. Але останнім часом, усвідомлення людством важливості проблеми збереження навколишнього природного середовища, як основи, без якої воно не зможе існувати, привернуло увагу до екологічних проблем та викликало занепокоєність відносно шляхів їх вирішення. Урядами багатьох країн було прийнято ряд заходів у сфері еколо-

гічної політики, що спрямовані на зниження негативного впливу підприємств авіаційної галузі на навколишнє середовище [2, 3].

Функціонування літаків та прописаної до них спецавтотехніки, особливо відображається на якісних характеристиках та хімічному складі атмосферного повітря наближених до них територій. В процесі експлуатації повітряних суден в зоні аеропорту, шкідливі забруднювальні речовини безперервно, в різних кількостях, надходять в атмосферу від запуску авіадвигунів перед зльотом і до моменту його зупинки після посадки. Викиди, що надходять до атмосферного повітря від двигунів літаків, представлені продуктами повного та неповного згорання вуглеводневих сполук авіаційного палива. При чому, кількість продуктів повного згорання є пропорційною до кількості спаленого пального, і не пов'язана з режимом роботи та конструкцією самого двигуна. Вміст продуктів неповного згорання залежить від режиму роботи авіадвигуна та його конструкції. Склад та кількість ви-

кидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря пов'язані, також, з якістю палива, що використовується двигуном літака. Отже, хімічний склад викидів залежить від виду палива, його якості, технології виробництва, способу спалювання в двигуні і технічного стану самого двигуна.

До найпоширеніших шкідливих речовин, які входять до складу викидів в атмосферу внаслідок роботи авіаційної техніки належать: оксиди сірки ( $\text{SO}_x$ ), оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), оксиди вуглецю ( $\text{CO}$ ), вуглеводні, ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) – метан ( $\text{CH}_4$ ), ацетилен ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), етан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), бензол ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) та ін; альдегіди – формальдегід ( $\text{HCHO}$ ), акролеїн ( $\text{CH}_2=\text{CH}=\text{CHO}$ ), оцтовий альдегід ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), сажа [4].

За умови, коли двигун літака знаходиться в режимі сталого польоту і працює без перевантаження на 35-50% своєї потужності з найбільш оптимальними параметрами, вміст оксидів вуглецю та вуглеводів зменшується, але збільшуються викиди оксидів азоту. Коли ж двигун працює з перевантаженням в 1,1-1,2 рази, під час зльоту та набору висоти на збагаченій паливній суміші, в атмосферу надходить велика кількість сажі.

Найбільш інтенсивне забруднення навколишнього середовища спостерігається в зоні аеропортів під час посадки і зльоту літаків, а також під час прогрівання їх двигунів. Режимі малих швидкостей та «холостий хід» є найбільш несприятливими режимами роботи авіадвигуна. Під час цих режимів у атмосферу надходять забруднюючі речовини в кількостях, що набагато перевищують викиди на інших режимах. Наприклад, при 300 зльотах і посадках повітряних суден, за добу в атмосферне повітря надходить 3,7 т оксиду вуглецю, 2 т вуглеводневих з'єднань та 1,7 т оксидів азоту. Але, при цьому, забруднюючі речовини надходять в навколишнє середовище не на постійній основі, а залежно від графіку роботи аеропорту.

До половини викидів під час зльоту літака знаходиться у вигляді мікрочастинок, серед яких значна кількість припадає на долю важких металів, які розсіюється у пришляховому просторі, а інша їх частина декілька годин знаходиться в атмосфері у вигляді аерозолів, і з часом осідає на поверхню ґрунту та рослин [5].

Забруднюючі речовини у значному обсязі накопичуються в атмосферному повітрі зони аеропорту і призводять до зміни його хімічного складу та властивостей, що в свою чергу є причиною невірності функціонування екосистем. Тому все більш актуальним є проведення регулярних моніторингових досліджень кількісних та якісних характеристик атмосферного повітря поблизу аеропортів [6–9].

Відповідно, метою роботи є дослідження стану атмосферного повітря на території, прилеглій до аеропорту «Київ», із застосуванням методу біоіндикації – ліхеноіндикації.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Процедура оцінки стану атмосферного повітря, з використанням інструментальних методів є досить трудомісткою, вартісною та, часто, недостатньо забезпеченою необхідними приладами та оснащенням для проведення досліджень, як в лабораторних, так і

польових умовах, що значно ускладнює можливість проведення моніторингу та знижує достовірність отриманих результатів. Тому, найбільш доцільним і економічно вигідним є застосування саме біологічних методів дослідження, оскільки саме вони здатні охопити все різноманіття екосистем. Живі істоти, в тому числі рослини, спроможні повністю відобразити стан середовища існування, та наявність чи відсутність токсичних речовин в ньому.

В зонах, що зазнають значного техногенного впливу, в тому числі і території аеропортів, найбільш інформативним та дієвим серед біологічних методів є метод біоіндикації, який являє собою оцінку стану навколишнього природного середовища за допомогою вивчення та спостереження за живими об'єктами в середовищі їх існування.

Біоіндикаторами виступають ті організми, які відрізняються особливою чутливістю до будь-якого негативного впливу на навколишнє середовище, здатні реагувати на зміни, що відбуваються навколо та накопичувати в собі забруднюючі речовини [10].

Важливою характеристикою організмів-індикаторів є їх достовірність. Але серед загальновідомих способів оцінки достовірності не розроблено шкали оцінювання. Тому, для цього у ботанічних і геоботанічних дослідженнях використовуються різні шкали, що оцінюють ступінь спряженості, тобто спільного трапляння індикатора і об'єкта індикації. Одним з широко застосовуваних методів біоіндикації є метод еталонів. Його суть полягає в порівнянні досліджуваних екосистем з фоновими екосистемами, що приймаються як еталон за параметрами.

До переваг індикаторів відносяться [8, 9]:

- здатність реагувати на будь-які викиди токсичних речовин та зміни, що відбуваються в складі повітря;
- можливість швидко та точно реагувати на присутність токсикантів у повітрі;
- здатність фіксувати швидкість змін, що відбуваються в атмосфері;
- можливість визначити місце найбільшого накопичення забруднювачів;
- спроможність оцінити ступінь впливу та спрогнозувати наслідки шкідливого впливу як на біоту, так і на людину.

Зазначені переваги, зумовлюють пріоритетність біологічних методів досліджень серед існуючих та сприяють їх поширенню серед населення зацікавленого проблеми забруднення навколишнього середовища.

В якості індикаторів перевага надається лишайникам (ліхеноіндикація), мохам (біоіндикація) та деяким видам дерев, переважно хвойним (дендроіндикація), адже саме ці види є найбільш чутливими до змін складу атмосферного повітря, та надмірного вмісту токсичних речовин в ньому [6].

Найбільш поширеними індикаторами стану атмосферного повітря є лишайники. Серед методів ліхеноіндикації, існують методи пасивного й активного спостереження. Під час проведення пасивних досліджень вивчають чисельність лишайників, ідентифікують та описують різноманіття їх видів та визначають відсоток площі яку вони займають і загальний стан слані. При активному спостереженні,

ступінь забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами встановлюється методом визначення відсотку ушкодження талому лишайника від його загальної площі, шляхом лабораторних досліджень на вміст забруднюючих речовин у його слані [10]. Поєднання зазначених методів, дозволяє отримати більш достовірну інформацію щодо якісних та кількісних характеристик стану атмосферного повітря на досліджуваних ділянках.

Лишайники – симбіотичні організми, що утворюють талом і складаються з гриба та одноклітинної водорості. Вони знаходяться в безпосередньому контакті з повітрям та атмосферними опадами, з яких і отримують все необхідне для життя. Лишайники не мають спеціальних пристосувань, що запобігають надходженню до їх талому токсичних речовин, тому їх поглинання і накопичення в таломі відбувається дуже швидко.

Залежно від місця зростання виділяють такі групи лишайників:

- епіфітні – зростають на корі дерев і чагарників;
- епіксилні – зростають на оголеній деревині;
- епігейні – зростають на ґрунтовій поверхні;
- епілітні – зростають на камінні та бетоні.

Серед зазначених найчутливішими до забруднення атмосфери є епіфітні види [8].

За зовнішньою будовою виділяють три основні групи лишайників: накипні лишайники, листуваті та куцисті.

Талом накипних лишайників представлений у вигляді скорини, зазвичай невеликого розміру з діаметром, що варіюється від кількох міліметрів до кількох сантиметрів. Вони міцно зафіксовані до субстрату і важко відокремлюються від нього.

Листуваті являють собою лусочки або листоподібні пластини, що досягають розмірів до 10-20 см. Найпростіша їх слань має вигляд округлої листоподібної пластинки. Характерною особливістю листуватих лишайників є те, що нижня частина талому утворює особливі органи, за допомогою яких, вони прикріплюються до поверхні.

Талом куцистих лишайників має вигляд гілочок або звисаючих кущів. На організаційному рівні куцисті лишайники представляють вищий етап розвитку слані. На відміну від двох попередніх груп, яким характерний горизонтальний ріст, у даних лишайників спостерігається вертикально спрямований і верхівковий ріст сланей.

Чутливість їх змінюється відповідно до групи, якій належить певний вид, тобто накипні – найменш чутливі до забруднень, листуваті – середньо чутливі, куцисті – дуже чутливі. Ця їх властивість є визначальною при оцінці стану атмосферного повітря. Відсутність певних груп в конкретній місцевості може свідчити про підвищений рівень антропогенного впливу на даній території. Адже, куцисті лишайники ростуть лише на порівняно чистих територіях і стрімко зникають при наявності забруднення, а на територіях з високим антропогенним навантаженням вони майже не зустрічаються.

Об'єкт, на території якого проводились дослідження, був міжнародний аеропорт «Київ» імені Ігоря Сікорського, розташований у місті Києві, у

межах столичного мікрорайону Жуляни (8 км на південний захід від центру міста). Даний аеропорт займає друге за розмірами місце серед пасажирських міжнародних аеропортів України. Розташований на території загальною площею 265 га., має злітно-посадкову смугу довжиною 2310 м і шириною 45 м. Злітно-посадкову смугу аеропорту активно використовує завод №410 цивільної авіації, який межує з його територією.

Загалом за 2018 рік пасажиропотік аеропорту дорівнював 2 812 300 осіб, що становить 13,69 % від загального пасажиропотоку України [11–12].

Серед методів за допомогою яких можна дослідити стан атмосферного повітря навколо даного об'єкту, було надано перевагу методу ліхеноіндикації. Оскільки лишайники набули широкого поширення, серед рослин-біоіндикаторів та виділяються особливою чутливістю до забруднення повітря. До того ж, вони здатні акумулювати в собі забруднюючі речовини та реагувати на мінімальний рівень забруднення зменшенням видового різноманіття, пригніченням росту або загибеллю таломів, зміною кольору, зменшенням площі зайнятої ними [13–16].

Для дослідження атмосферного повітря в зоні аеропорту «Київ», було застосовано методику пасивних спостережень за епіфітними лишайниками на прилеглих до нього територіях.

Дослідження проводили на ділянках відстанню 20, 100, 500, 1000 та 2000 м. від даного об'єкту. Для порівняння, було обрано контрольну ділянку з відносно низьким рівнем антропогенного навантаження та віддалену від можливих джерел забруднень.

В ході моніторингових досліджень було визначено найбільш поширені види в зоні аеропорту та вираховано відсоток покриття лишайниками дерев на кожній ділянці.

Серед найбільш поширених видів на території аеропорту «Київ» присутні накипні та листуваті лишайники, а саме: *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*, *Lecanora allophana*, *Flavoparmelia caperata* та інші. Куцисті лишайники були відсутні на досліджуваних ділянках, що уже свідчить про забруднення повітря.

За допомогою існуючих шкал, було визначено рівень забруднення досліджуваного району на основі наявності в ньому ідентифікованих видів лишайників. Зокрема було використано шкалу полеотолерантності епіфітних лишайників (табл. 1), розроблену спеціалістом в галузі ліхеноіндикації Х. Трассом, яка показує стійкість певних видів до умов існування в містах та ділянках з високим антропогенним навантаженням. Дана шкала включає десять класів. До перших 3-х класів відносять об'єкти, що здатні жити тільки в природних ландшафтах, таких як ліси, болота та місця віддалені від населених пунктів, і в слабо окультуреній місцевості, до 4-б класів належать види, що відносно часто зустрічаються в помірно антропогенно змінених ландшафтах, тобто у селищах, малих містах, парках в околицях великих міст і на цвинтарях. Останні 4 класи включають в себе ті лишайники, які поширені в сильно освоєних і змінених людиною районах, великих та середній містах.

Таблиця 1 – Класи полеотолерантності епіфітних лишайників за Х. Трассом

Клас полеотолерантності	Тип місцезнаходження лишайників і їх зустрічальність	Назва виду
I	Природні, без відчутного антропогенного впливу	<i>Lecanactis abietina</i> , <i>Lobaria scrobiculata</i> та найбільш чутливі види роду <i>Usnea</i> .
II	Природні (часто) і слабо антропогенно змінні (рідко)	<i>Bryoria chalybeiformis</i> , <i>Evernia divaricata</i> , <i>Sualecta ulmi</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> .
III	Природні (часто) і слабо антропогенно змінні (рідко)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Cetraria chlorophylla</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> .
IV	Природні (часто) і слабо (часто) помірно антропогенно змінні (рідко)	<i>Bryoria implexa</i> , <i>Cetraria pinastri</i> , <i>Opergrapha diaphora</i> , <i>Parmelia subaurifera</i> .
V	Природні і слабо помірно антропогенно змінні з рівномірною зустрічальністю	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecania cyrtella</i> , <i>Lecanora chlorotera</i> , <i>Lecidea glomerulosa</i> , <i>Parmelia exasprata</i> .
VI	Природні (порівняно рідко) і помірно антропогенно змінні (частково)	<i>Arthonia radiata</i> , <i>Caloplaca aurantiaca</i> , <i>Evernia prunastri</i> .
VII	Помірно (часто) і сильно (рідко) антропогенно змінні	<i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia onspurcata</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Flavoparmelia caperata</i> .
VIII	Помірно і сильно антропогенно змінні (з рівномірною зустрічальністю)	<i>Lecanora allophana</i> , <i>Caloplaca cerina</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> .
IX	Сильно антропогенно змінні (часто)	<i>Buellia punctata</i> , <i>Lecanora expallens</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
X	Дуже сильно антропогенно змінні (з рівномірною зустрічальністю і низька життєздатність видів)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L. hageni</i> , <i>Lepraria incana</i> , <i>Scoliosporim chlorococcum</i>

Проаналізувавши дані таблиці було встановлено, що ті види лишайників, які в більшості зустрічаються на території навколо аеропорту належать до VII-IX класу полеотолерантності.

Нами на даній території були ідентифіковані такі види лишайників, як: *Parmelia sulcata* та *Flavoparmelia caperata*, які належать до VII класу; *Hypogymnia physodes* та *Lecanora allophana* – до VIII класу полеотолерантності та вид *Xanthoria parietina*, що відноситься до IX класу. Отже, отримані результати вказують на те, що зона навколо аеропорту зазнала переважно помірних та інтенсивних антропогенних змін.

Для проведення подальших досліджень, а саме для оцінки проективного покриття дерев лишайниками, було взято ділянки відстанню 20, 500, 1000, 1500 та 2000 м від аеропорту. На досліджуваних

ділянках оглядали близько 10 дерев. Лишайники на деревах обстежували на висоті 1,5-2 м від нижньої поверхні. Для досліджень було використано прозору палетку розміром 10×10 см., поділену на квадрати площею 1 см<sup>2</sup>, за допомогою якої визначали ступінь покриття стовбура дерева лишайниками. Прикладаючи рамку до дерева, рахували на ній кількість цілих та нецілих квадратів зайнятих лишайниками. Результати досліджень стовбура дерева на відстані 20 м. від аеропорту представлені на рис. 1.

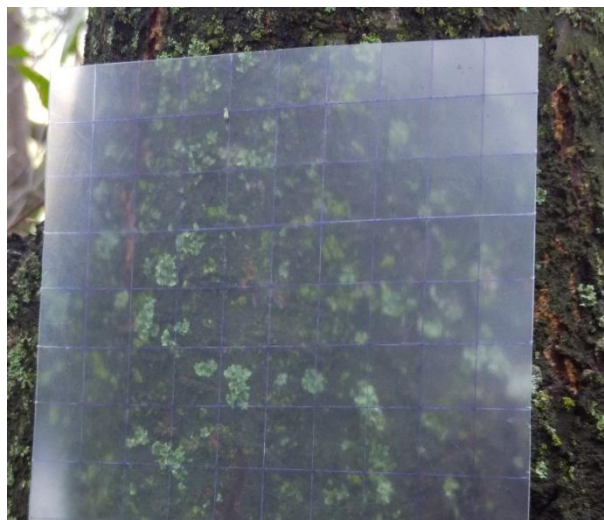


Рисунок 1 – Встановлення відсотку покриття лишайниками стовбура дерева

Для кожного дерева встановлювався ступінь покриття лишайниками стовбура у відсотках за формулою:

$$\text{Відсоток покриття} = \frac{(\text{Число цілих квадратів}) + (\text{Число нецілих квадратів} / 2)}{\text{Загальна площа 10x10 см.}} \times 100$$

Результати визначення ступеня покриття стовбурів дерев лишайником в зоні впливу підприємств з експлуатації авіаційної техніки представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати визначення покриття лишайниками дерев в зоні аеропорту «Київ»

Відстань від аеропорту, м	Середня кількість цілих квадратів на стовбурах дерев	Середня кількість нецілих квадратів на стовбурах дерев	Середнє значення ступеня покриття стовбура дерева, %
20	0	11	5,5
500	0	27	13,5
1000	4	38	23,0
1500	10	45	32,5
2000	16	55	43,5
Контроль	39	54	66,0

Аналіз отриманих результатів показав, що з підвищенням техногенного навантаження, тобто з наближенням до аеропорту, значно знижується відсоток покриття лишайниками дерев. Зміна покриття лишайниками відбувається прямо пропорційно зі зміною відстані від джерела забруднення. Тобто,

чим далі знаходилась досліджувана ділянка, тим більше лишайників на деревах (рис. 2).

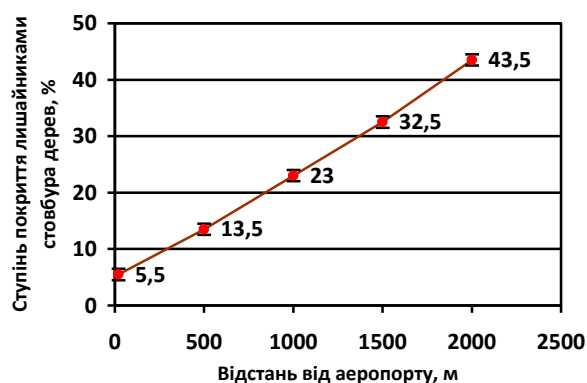


Рисунок 2 – Динаміка покриття лишайниками стовбурів дерев з віддаленням від джерела забруднення

Відповідно до шкали складеної відомим ліхенологом Х. Трассом (табл. 3), відсоток проєктивного покриття лишайниками кори дерев, визначає ступінь забруднення, що зазнає певна територія. Дана шкала визначає, що чим більший показник покриття лишайників, тим чистіше повітря на досліджуваних ділянках, і, відповідно, чим менший відсоток, тим гіршої якості атмосферне повітря.

Таблиця 3 – Шкала для визначення ступеня забруднення атмосферного повітря за Х. Трассом

Зона забруднення, покриття лишайниками стовбурів (%)	Ступінь забруднення
I зона, < 5 %	Дуже сильне забруднення
II зона, < 15 %	Сильне забруднення
III зона, < 20 %	Середнє забруднення
IV зона, < 30 %	Відносне забруднення
V зона, < 50 %	Зона чистого повітря
VI зона, < 100 %	Дуже чиста зона

Відповідно до шкали, на відстані від 20 до 500 м. в зоні аеропорту спостерігається сильне забруднення. На відстані 1000 м – відносне забруднення, а території віддалені від аеропорту на 1500 та 2000 метрів вважаються зонами чистого повітря. Отримані результати свідчать про сильний ступінь впливу міжнародного аеропорту «Київ» на атмосферне повітря, особливо на тих ділянках, що є максимально наближеними до нього.

**ВИСНОВКИ.** При визначенні рівня хімічного забруднення атмосферного повітря в зоні аеропорту, можна успішно і ефективно застосовувати методами біоіндикації, зокрема методом ліхеноіндикації. Перевагами даного методу є те, що він значно відрізняється дешевизною, відносно простою, не складною методикою проведення досліджень, можливістю одночасно охопити великі території, і при цьому є достатньо достовірним та інформативним методом. Отримані результати спостережень за лишайниками, в зоні аеропорту «Київ», дали чітке уявлення про стан атмосферного повітря на прилеглих до нього територіях. Результати експериментальних досліджень вказують на високий ступінь забруднення токсичними речовинами атмосфери зони, що оточує аеропорт. Це свідчить про досить сильний вплив підприємств з експлуатації авіаційної техніки як на атмосферне повітря, так і на навколишнє середовище в цілому. Подальше проведення досліджень методом ліхеноіндикації стану атмосферного повітря, в майбутньому, дасть змогу отримати більш детальну інформацію про динаміку змін, що відбуваються в довкіллі під час експлуатації авіаційної техніки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / А. І. Горова та ін. Дніпро: Національний гірничий університет, 2014. 76 с.
2. Ісаєнко В. М., Маджд С. М., Фролов В. Ф., Дмитруха Т. І. Удосконалення способу контролю стану атмосферного повітря. *Вісник Кременчуцького національного університету*. 2019. Вип. 6 (119). С. 43–48.
3. Маджд С. М. Загальні екологічні особливості структурно-функціональних закономірностей розвитку техноприродних систем гирлової ділянки р. Ірпінь. *Вісник Кременчуцького національного університету*. 2018. Вип. 5 (112). С. 110–114.
4. Франчук Г. М., Маджд С. М., Кіпніс Л. С. Методика оцінки хімічного забруднення атмосферного повітря на основі аналізу стану атмосферних опадів в зоні аеропорту. *Наука і молодь* : зб. наук. праць. 2003. С. 254–257.
5. Маджд С. М., Франчук Г. М., Михарєвська Т. В. Аналіз ґрунтів в зоні аеропорту Київ. *Вісн. НАУ*. 2007. № 3–4. С. 133–137.
6. Маджд С. М., Костюк Я. В., Франчук Г. М. Дослідження стану атмосферного повітря в зоні експлуатації авіаційної техніки методом ліхеноіндикації. *Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. пр.* 2010. Вип. 6. С. 34–38.
7. Франчук Г. М., Антонов А. М., Маджд С. М., Загоруй Я. В. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля. *Вісник НАУ*. 2006. №1. С. 184–190.
8. Процак Ю. О. Переваги та недоліки оцінки хімічного забруднення атмосфери в зоні впливу аеропортів. *Екологічна безпека держави: тези доповідей XIII Всеукраїнської науковопрактичної конференції молодих учених і студентів* / редкол. О. І. Запоро-

жець та ін. (м. Київ, 18 квітня 2019 р.), Київ.: НАУ, 2019. С. 25.

9. Економічне оцінювання можливості впровадження біоіндикаційного моніторингу атмосферного повітря (на прикладі Луцька). URL: [http://www.kdu.edu.ua/Documents/KSNR\\_economica\\_2018/w9.pdf](http://www.kdu.edu.ua/Documents/KSNR_economica_2018/w9.pdf).

10. Лисиця А. В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Докацентр, 2018. 94 с.

11. Офіційний сайт аеропорту «Київ» (Жуляни) URL: [//iev.aero/](http://iev.aero/).

12. Проблеми забруднення атмосферного повітря при експлуатації аеропортів цивільної авіації: брошура / О. Запорожець та ін. / за ред. К. Синило, НЕЦУ. Київ, 2018. 20 с.

13. Трасс Х. Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг. Проблемы

экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1985. С. 122–137.

14. Франчук Г. М., Антонов А. М., Маджд С. М., Рахімбердіна Н. В. Моніторинг стану атмосферного повітря зони аеропорту на підставі результатів досліджень атмосферних опадів. *Вісник НАУ*. 2005. № 3. С. 164–167.

15. Корбут М. Б., Мальований М. С., Мельник З. Є. Визначення рівня забруднення повітря в зоні впливу звалища твердих побутових відходів Житомира за допомогою ліхеноіндикації. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2013. Вип. 6 (83). С. 130–134.

16. Процак Ю. О. Переваги застосування методів біоіндикації стану атмосферного повітря поблизу аеропортів. *Інноваційні технології*. Матеріали наук.-техн. конф. студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених / за заг. ред. Бабікової К. О., Мельничук Л. М. ІНТЛ НАУ (м. Київ, 20-21 листоп. 2019 р.). Київ, 2019. С. 79–81.

## APPLICATION OF LICHEN INDICATION METHOD FOR STUDYING ATMOSPHERIC AIR CONDITION AT THE AREA ATTACHED TO THE AIRPORT

V. Isaienko, S. Madzhd, Yu. Protsak

National Aviation University

prosp. Liubomyra Huzara, 1, Kyiv, 03058, Ukraine. E-mail: madzhd@ukr.net

**Purpose of the work.** The purpose is to analyze the impact of the aviation industry on the atmospheric air and to investigate its condition in the territories near the Kyiv International Airport by means of the lichen indication. **Methods.** The assessment of atmospheric air was carried out using the method of lichen indication, namely the observation of lichens in certain areas. Controlled parameters for the assessment of atmospheric air were inhibition of lichen growth, their number, species composition in the study areas. Statistical and mathematical methods were used to elaborate the obtained research results. **Results of the work.** The predominant species composition of the epiphytic lichens was determined and the degree of anthropogenic transformation of the areas close to the airport was determined. Observations were carried out at sites 20, 500, 1000, 1500 and 2000 meters from the territory of the enterprise. Percentages of lichen tree trunk cover were calculated at the investigated sites. Based on the analysis of the results obtained, it is established that the indicator of the degree of coverage of lichens decreases with the approach to the source of pollution and increases with distance from it. According to the scale, heavy pollution is observed at a distance of 20 to 500 meters, relative pollution is observed at a distance of 1000 m, and areas of 1500 and 2000 meters are considered as clean air zones. **Originality.** In practice, one of the alternative methods of assessing the state of the atmospheric air in the area of the Kyiv airport was applied, which allowed to obtain results about its condition in the investigated areas. **Practical value.** The use of biological research methods, including the method of lichen indication, is becoming more widespread. Because it is accessible to each of us, it does not require a lot of material, labor and economic costs, while being quite informative and reliable. Allows you to evaluate the qualitative characteristics of the air in a particular area, since living beings are able to fully reflect the state of their habitat. **Conclusions.** It was found that, when determining the level of chemical pollution of the atmospheric air in the area of the airport, it is possible to successfully and effectively use bio-indication methods, including the method of lichen indication which shows the high degree of toxicity of the area surrounding the airport.

**Key words:** airport; air pollution; monitoring; bio-indication, lichen indication.

## REFERENCES

- Gorova, A. (2014), "Bioindykatsiia" [Bioindication], National Mining University, Dnipro, Ukraine, 76 p.
- Isaienko, V., Madzhd, S., Frolov, V., Dmitrykha, T. (2019), «Improvement of method of control of the state of atmospheric air», *Transaction of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, № 6, pp. 43–48.
- Madzhd, S., Kulynych, Ya. (2018), «General environmental features of structural and functional regularities of development of the naturally-technogenic system of the mouth of the Irpin river», *Transaction of*

*Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, № 5, pp. 110–114.

- Franchuk, H. M., Antonov, A. M., Madzhd, S., Kipnis, L. S. (2003), «Methodology of estimations of chemical contamination of atmospheric air are on the basis of analysis of the state of atmospheric precipitations in the zone of airport», *Science and young people*, № 3, pp. 254–257.

5. Madzhd, S., Franchuk, H. M., Mshalevska, T. V. (2007), «Analysis of soils in the zone of airport Kyiv», *Proceeding of the National Aviation University*, № 4, pp. 133–137.

6. Madzhd, S. M., Kostyuk, Ya. V., Franchuk, H. M. (2010), "Doslidzhennia stanu atmosfernoho povitria v

*zoni eksploatacii aviatsiinoi tekhniki metodom likhenoidykatsii* [Investigations of the state of atmospheric air in the area of operation of aircraft by lichen indication], *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia* [Environmental safety and nature management], № 6, pp. 34–38.

7. Franchuk, H. M., Antonov, A. M., Madzhd, S. M., Zahorui, Ya. V. (2006), “*Ekolohichna otsinka vplyvu aviatsiinykh transportnykh protsesiv na yakist komponentiv dovkillia*” [Ecological assessment of the impact of aviation transport processes on the quality of environmental components], *Proceeding of the National Aviation University*, № 1, pp. 184–190.

8. Protsak, Yu. O. (2019), “*Perevahy ta nedoliky otsinky khimichnoho zabrudnennia atmosfery v zoni vplyvu aeroportiv*” [Advantages and disadvantages of assessing chemical pollution in the area affected by airports], *Environmental Safety of the State Abstracts, Proceedings of IIIX Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students, Kyiv, 18 April, 2019*, pp. 25.

9. *Ekonomichne otsiniuvannia mozhyvosti vprovadzhennia bioindykatsiinoho monitorynhu atmosferneho povitria (na prykladi Lutska)* [Economic assessment of the possibility of implementing bioindication monitoring of atmospheric air (on the example of Lutsk)], URL: [http://www.kdu.edu.ua/Documents/KSNR\\_economica\\_2018/w9.pdf](http://www.kdu.edu.ua/Documents/KSNR_economica_2018/w9.pdf).

10. Lysytsia, A. V. (2014), *Bioindykatsiia i biotestuvannia zabrudnennykh terytorii* [Bioindication and biotesting contaminated areas], Doka-tsentr, Rivne, Ukraine, 94 p.

11. Ofitsiinyi sait aeroportu «Kyiv» (Zhuliany) [Official site of Kyiv airport (Zhulyany)] URL: [//iev.aero/](http://iev.aero/).

12. Zaporozhets, O., Synylo, K., Ulianova, K., Krupko, A., Parashchanov, V. (2018), *Problemy zabrudnennia atmosferneho povitria pry eksploatacii aeroportiv tsyvilnoi aviatsii* [Problems of air pollution during the operation of civil aviation airports: a brochure], National Ecological Centre of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 20 p.

13. Trass, Kh. Kh. (1984), *Classes of poleotolerantnost lichens and environmental monitoring, Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling*, Gidrometeoizdat, St.-Petersburg, Russia, pp. 122–137.

14. Franchuk, H. M., Antonov, A. M., Madzhd, S. M., Rakhimberdina, N. V. (2005), “*Monitorynh stanu atmosferneho povitria zony aeroportu na pidstavi rezultativ doslidzhen atmosfernykh opadiv*” [Monitoring of the state of atmospheric air of the airport zone on the grounds of researches of precipitations], *Proceeding of the National Aviation University*, № 3, pp. 164–167.

15. Korbut, M. B., Malovanyi, M. S., Melnyk, Z. Ye. (2013), “*Vyznachennia rivnia zabrudnennia povitria v zoni vplyvu zvalyshcha tverdykh pobutovykh vidkhodiv Zhytomyra za dopomohoiu likhenoidykatsii*” [Determining the air pollution level in the Zhytomyr landfill influence zone through lichen-indication], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, № 6 (83), pp. 130-134.

16. Protsak, Yu. O. (2019), “*Perevahy zastosuvannia metodiv bioindykatsii stanu atmosferneho povitria poblyzu aeroportiv*” [Advantages of using methods of bioindication of atmospheric air near airports], *Innovative Technologies, Proceeding of Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students, Doctoral Students and Young Scientists, Kyiv, November 20-21, 2019*, pp. 79-81.

Стаття надійшла 13.04.2020.