

УДК 504.3.054:656.71 (045)

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ЗОНІ АЕРОПОРТУ

Г. М. Франчук, О. М. Дехтяренко, Я. В. Костюк

Національний авіаційний університет

E-mail: yasya\_grishko@mail.ru

*Проведено екологічне оцінювання стану атмосферного повітря поблизу аеропорту «Київ». Визначено стан атмосферного повітря біля аеропорту за допомогою біологічних методів дослідження, а саме методом ліхеноіндикації.*

**Ключові слова:** екологічний стан, аеропорт, моніторинг, повітря.

*An environmental assessment of the air near the airport "Kyiv". The condition of the air near the airport using biological methods, namely the method lihenoindykatsiyi.*

**Keywords:** ecological state, air-port, monitoring, air.

### Вступ

З розвитком повітряного транспорту в результаті підвищення інтенсивності авіатранспортних перевезень, крім глобального забруднення навколишнього середовища, підсилюється негативна техногенна дія на зону аеропорту та прилеглих до нього територій, що призводить до виникнення проблем забруднення локального характеру.

### Постановка проблеми

Останнім часом стан атмосферного повітря в м. Києві погіршується за рахунок зростання техногенного навантаження на довкілля.

Аеропорт — один із важливих чинників впливу на екосистему. З розвитком авіаційної техніки зростає потужність парку, як наслідок, — вплив на навколишнє природне середовище посилюється. Отже, актуальним є проведення досліджень за станом атмосферного повітря поблизу аеропорту «Київ», який знаходиться в межах міста і є одним із джерел його забруднення.

**Об'єкт** дослідження — оцінка екологічного стану атмосферного повітря територій методом ліхеноіндикації.

**Предмет** дослідження — екологічний стан атмосферного повітря на території аеропорту «Київ» та його околиць.

### Аналіз досліджень і публікацій

Визначення ступеня забруднення атмосферного повітря поблизу аеропорту проводили за допомогою біологічних методів дослідження, адже останнім часом саме вони почали відігравати вирішальну роль у діагностиці довкілля за рахунок того, що порівняно з хімічними методами не потребують складного аналітичного обладнання і фінансових витрат.

Біологічний моніторинг на сьогодні займає ведучі позиції при дослідженні стану природного середовища. Його використання дає змогу сутте-

во збільшити точність екологічних прогнозів, викликаних діяльністю людини.

Принципи біологічного моніторингу нині інтенсивно розвиваються.

Важливим його елементом є рослинні угруповання, котрі чутливо реагують на забруднення навколишнього середовища. Ряд дослідників розглядають рослини як найбільш чутливі і надійні індикатори забруднення атмосфери.

Одним із найпоширеніших є метод ліхеноіндикації, який дає об'єктивну і достовірну оцінку екологічного стану атмосферного повітря.

### Цілі

Мета роботи — дослідити стан атмосферного повітря поблизу аеропорту «Київ» методом ліхеноіндикації, який знаходиться в межах міста, адже відомо, що авіаційний транспорт є основним джерелом його забруднення.

З урахуванням поставленої мети основними завданнями науково-дослідної роботи було:

- визначення видового складу епіфітних лишайників поблизу аеропорту «Київ»;
- вивчення їх морфологічних особливостей;
- освоєння методики ліхеноіндикації;
- виявлення особливості поширення епіфітних лишайників;
- збирання та систематизація даних щодо стану атмосферного повітря поблизу аеропорту;
- аналіз отриманих результатів та їх узагальнення;
- проведення на основі досліджень оцінювання екологічного стану атмосферного повітря поблизу аеропорту «Київ».

### Оцінка екологічного стану атмосферного повітря поблизу аеропорту методом ліхеноіндикації

З 2008 по 2011 рр. посезонно проводились спостереження за лишайниками поблизу аеро-

порту «Київ» на чотирьох моніторингових ділянках (50, 100, 250, 500 м від досліджуваного об'єкта).

Для спостереження використовували дротяні рамки квадратної форми розміром 10×10 см, прямокутну рамку з гнучкого дроту розміром 50×100 см, вимірювач, лінійку, компас.

Проводячи спостереження за лишайниками, підраховували щільність покриву, кількість лишайників, а також вимірювали діаметр слані найбільш виразних екземплярів.

Малі рамки використовували, щоб підрахувати густоту покривних лишайників.

Щільність — це кількість екземплярів рослин на одиницю площі. Для точності вимірювання рамки прикладали по 10 разів у різних місцях стовбура з того боку, де більше лишайників. Окремо розраховували кількість поодиноких лишайників на всій видимій частині стовбура. У щоденнику фіксували усі виміри. Також запи-

сували, з якого боку стовбура дерева відносно сторін горизонту росте більше лишайників [1].

Крім того, оцінювали покриття, тобто відсоток площі поверхні, яка зайнята під лишайниками (рис. 1).

Для цього, за допомогою гнучкої дротяної рамки виділили на стовбурі дерева ділянку висотою 1 м, яка б охоплювала половину стовбура з того боку, де ростуть лишайники. Відсоток покриття оцінювали приблизно або після детальних обмірювань площі під лишайниками та площі ділянки. Для здійснення порівняльного оцінювання рослин-індикаторів на території поблизу аеропорту обрали два види, які найчастіше трапляються в даній місцевості — пармелію борозенчасту, ксанторію настінну, але звертали увагу і на поширення інших лишайників (рис. 2).

Результати спостережень вказують на тенденцію зменшення щільності покривних лишайників на видимій частині стовбура з часом (рис. 3).

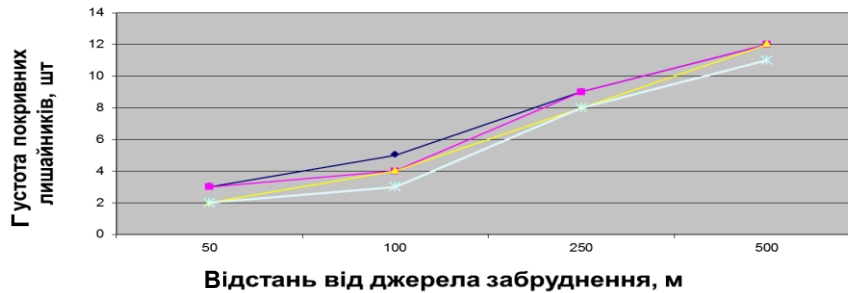


Рис. 1. Динаміка зміни щільності покривних лишайників з часом

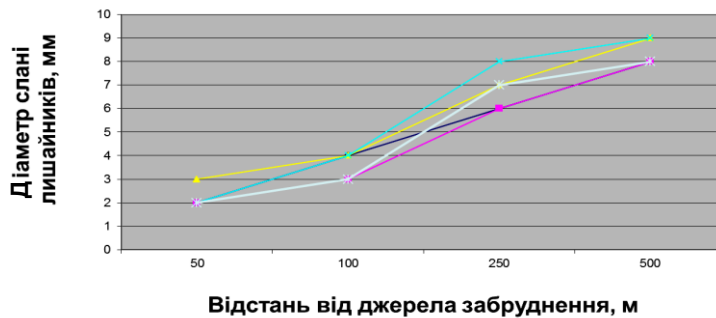


Рис. 2. Зміна діаметра слані рослин-індикаторів з відстанню від джерела забруднення — аеропорту «Київ»

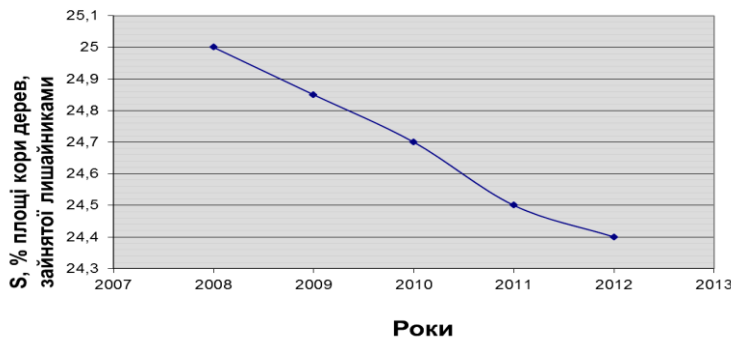


Рис. 3. Зміна середньої площі поверхні кори дерев, зайнятої лишайниками поблизу аеропорту «Київ» з часом

З графіка помітна зміна щільності покривних лишайників (пармелії борозенчастої та ксанторії настінної) з часом. Спостерігається зменшення кількості поодиноких рослин-індикаторів, їх угруповань.

Чисельність видів роду *Xanthoria* стрімко збіднюється. Спостерігається тенденція погіршення їх кількісних та якісних характеристик. Розглянемо зміну діаметра слані лишайників на моніторингових ділянках за період 2008–2012 рр. Найінтенсивніше спостерігається зміна діаметра на дослідних територіях відстанню 50 і 100 м від аеропорту, адже саме на цих ділянках посилений техногенний вплив.

Так, у рік масові викиди забруднюючих речовин у середньому становлять: оксиди вуглецю — 377 кг/рік, азотовмісні сполуки — 11564 кг/рік.

Це свідчить про високе техногенне навантаження на довкілля в цілому, тому протягом 2007–2011 рр. ріст лишайників був незначним на ділянках поблизу аеропорту, а їх таломи спостерігались у пригніченому вигляді.

Протягом чотирьох років було встановлено динаміку збіднення видового складу епіфітних лишайників, зменшення відсотка площі кори дерев, що зайнята під лишайниками, діаметра слані рослин-індикаторів.

Дослідження динаміки зміни середньої площі поверхні кори дерев, зайнятої під лишайниками, показали інтенсивне зменшення їх угруповань, кількості поодиноких рослин-індикаторів, збіднення видового різноманіття. Встановлено, що найбільш високий рівень забруднення атмосферного повітря спостерігається на дослідних ділянках відстанню 50 і 100 м від аеропорту. Це зумовлено посиленням техногенним впливом об'єкта цивільної авіації.

#### **Визначення екологічного стану атмосферного повітря в зоні аеропорту методом напівемпіричної теорії турбулентних потоків**

Джерелами впливу повітряних суден (ПС) на навколишнє природне середовище є шум та шкідливі викиди. До забруднюючих речовин, що містяться у вихлопних газах авіаційних двигунів, належать:

- оксиди вуглецю — CO;
- вуглеводні — C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>;
- оксиди азоту — NO<sub>x</sub> (NO, NO<sub>2</sub>);
- оксиди сірки — SO<sub>x</sub>.

За даною молекулярною масою основних газів, що забруднюють атмосферне повітря в аеропорту: μ<sub>CO</sub> = 28 кг/кмоль; для метану μ<sub>CH<sub>4</sub></sub> = 16 кг/кмоль; μ<sub>NO</sub> = 30 кг/кмоль; μ<sub>SO<sub>2</sub></sub> = 64 кг/кмоль. При цьому, μ<sub>повітря</sub> = 29 кг/кмоль. Після зіставлення величин μ<sub>i</sub> з μ<sub>повітря</sub> видно, що

метан значно легший за повітря, і тому буде підніматися у верхні шари атмосфери. Інші забруднюючі речовини будуть довго знаходитися в приземному шарі атмосфери, а оксиди сірки і азоту, реагуючи з вологою в повітрі з утворенням кислот, осідатимуть на поверхню землі.

Чинними нормами визначено граничнодопустимі разові та середньодобові концентрації вмісту ЗР. Максимально разові ГДК для зазначених речовин:

- оксиди вуглецю — C<sub>CO</sub> м.р = 5,0 мг/м<sup>3</sup>;
- вуглеводні — C<sub>C<sub>x</sub>H<sub>y</sub></sub> м.р = 50,0 мг/м<sup>3</sup>;
- оксиди азоту — C<sub>NO<sub>x</sub></sub> м.р = 0,6 мг/м<sup>3</sup>;
- оксиди сірки — C<sub>SO<sub>x</sub></sub> м.р = 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Нормуються також максимальні середньодобові ГДК, значення яких для наведених забруднюючих речовин становлять:

- оксиди вуглецю — C<sub>CO</sub> с.д = 3,0 мг/м<sup>3</sup>;
- вуглеводні — C<sub>C<sub>x</sub>H<sub>y</sub></sub> с.д = 25,0 мг/м<sup>3</sup>;
- оксиди азоту — C<sub>NO<sub>x</sub></sub> с.д = 1 мг/м<sup>3</sup>;
- оксиди сірки — C<sub>SO<sub>x</sub></sub> с.д = 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

Поширення забруднюючих речовин, що містяться в потоці вихлопних газів авіаційного двигуна, проходить у навколишньому повітрі як за рахунок дифузії, так і турбулентного змішування, виникаючого при взаємодії потоку з повітрям. В основі розрахунку лежать основні закономірності теорії турбулентних потоків.

#### *Основні розрахункові співвідношення*

Оскільки довжина початкової ділянки x<sub>n</sub> визначається максимальною осьовою відстанню від зрізу сопла межу ядра постійної швидкості, то цією відстанню обмежується і збільшення концентрації шкідливих домішок у зоні змішування. За межами початкової ділянки, незважаючи на подальше поширення зони змішування, рівень концентрації шкідливих речовин у ній тільки знижується. Тому як граничний розмір найбільш екологічно небезпечної ділянки забруднення необхідно брати ширину початкової ділянки і використовувати цей розмір як обмеження для жилої забудови.

Для практичних цілей важливо знати загальні параметри, що характеризують ефективність змішування — товщину і положення зони змішування і т. д. Тому найбільш доцільно використовувати для розрахунку наближені інтегральні та емпіричні співвідношення.

Товщина зони змішування розраховується:

$$b^2 = k \frac{1+n + \delta_1 + \delta_2 nm^2}{1+nm^2} x + k_1 \left[ \frac{1+n + 1-m^2}{2 \cdot 1+nm^2} \right]^2 x^2,$$

де  $b$  — товщина зони змішування;  $x$  — відстань по осі від джерела;  $\delta_1 \delta_2$  — товщина втрати імпульсу в межуючих шарах на внутрішній та зовнішній поверхнях кромки сопла відповідно;  $m$  — відношення швидкостей  $v_2/v_1$ ;  $k_1 = 0,27$  (за експериментальними даними),  $k = 6$  для сліду на великих відстанях від джерела;  $n$  — відношення щільності  $\rho_2/\rho_1$ .

Згідно з даними банку ІКАО по емісії авіаційних двигунів для двигуна CFM56-5B (Airbus A320) визначили швидкість емісії кожної забруднюючої речовини:

$$c_i = c_i^* \frac{V^*}{V},$$

де  $c_i^* = \frac{Q_i}{V^*}$ ;  $Q_i$  — швидкість емісії  $i$ -ї речовини;

$V^*$  — об'єм поширення шкідливих викидів;  $V$  — об'єм забрудненої зони;  $c_i$  — разова концентрація  $i$ -ї речовини.

Результати досліджень показали, що відбувається перевищення ГДК с.д., а саме  $C$  доб, мг/м<sup>3</sup> для NOx перевищує норму більш ніж у 20 разів (див. таблицю).

#### Результати розрахунків методом напівемпіричної теорії турбулентних потоків

Забруднююча речовина	$C$ раз., мг/м <sup>3</sup>	$C$ доб., мг/м <sup>3</sup>	ГДК доб.
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,000178	0,005696	25
CO	0,002175	0,0696	3
NOx	0,07737	2,47584	0,1

#### Висновки

1. Згідно з розрахунками, середньодобова концентрація NOx = 2,3211 мг/м<sup>3</sup> при ГДК с.д. = 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Це свідчить про перевищення допустимого рівня забруднення.

2. Динаміка зміни середньої площі поверхні кори дерев, зайнятої під лишайниками, показала інтенсивне зменшення їх угруповань, кількості поодиноких рослин-індикаторів, збіднення видового різноманіття в період з 2008 по 2012 рр.

3. Встановлено, що найбільш високий рівень забруднення атмосферного повітря спостерігається на дослідних ділянках відстанню 50 і 100 м від аеропорту.

4. Дослідження методом ліхеноіндикації підтвердили наявність у повітрі шкідливих речовин. Це вказує на достовірність та надійність даного методу біоіндикації, доцільність його використання.

5. Екологічне оцінювання стану атмосферного повітря аеропорту «Київ», здійснено за допомогою методу ліхеноіндикації, свідчить про забруднення атмосферного повітря. Це вказує на необхідність проведення подальших досліджень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Байрак О. М. Методичні рекомендації по вивченню лишайників і мохів у природі / О. М. Байрак, С. В. Гапон. — Полтава, 1990. — С. 3–12.

2. Франчук Г. М. Охорона навколишнього середовища в авіації та ракетно-космічній діяльності: посіб. / Г. М. Франчук, О. Ю. Драч, С. М. Маджд. — К.: НАУ, 2008. — 88 с.

3. Франчук Г. М. Екологічні проблеми довкілля / Г. М. Франчук, Л. П. Малахів, Л. М. Півторак. — К.: КМУЦА, 2000. — 180 с.

4. Франчук Г. М. Екологія, авіація і космос: навч. посіб. / Г. М. Франчук, В. М. Ісаєнко. — К.: НАУ, 2004. — 456 с.

5. *Збережи, де стоїш, де живеш* / О. М. Байрак, В. М. Самородов, Н. О. Стецюк [та ін.] — П.: Верстка, 1998. — С. 21–26.

6. Білявський Г. О. Практикум із загальної екології / Г. О. Білявський. — К.: Либідь, 1997. — С. 105–106.

7. *Охрана окружающей среды в гражданской авиации: учебник для студ. высш. уч. завед.* ГА / Л. А. Буриченко, В. Г. Ененков [и др.]. — М.: Машиностроение, 1992. — 320 с.

8. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй / Г. Н. Абрамович. — М.: Физматгиз, 1960.

9. Картышев О. А. Метод расчета границ жилой застройки в районе аэропорта по критерию «выбросы загрязняющих веществ авиадвигателями» / О. А. Картышев // Научный вестник. — М.: МГТУ ГА, 2007. — С. 107–112.

Стаття надійшла до редакції 20.12.12.