

УДК: 656.71:504.43/45(045)

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТОКСИЧНОСТІ СНІГОВОГО ПОКРИВУ НА ТЕРИТОРІЯХ ПОБЛИЗУ ПІДПРИЄМСТВ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

С. М. Маджд, канд. техн. наук, доц.; Г. М. Франчук, д-р техн. наук, проф.;

В. А. Гроза, канд. фіз.-мат. наук, доц.

Національний авіаційний університет

valentina.groza@gmail.com

Наведено схему моніторингу стану снігового покриву в межах аеропорту «Київ». Методами багаточинного статистичного аналізу досліджено вплив підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки на стан снігового покриву в межах діяльності аеропорту «Київ». Визначено найбільш впливові чинники, оцінено їх сумарний ефект на стан снігового покриву.

Ключові слова: екологічна безпека авіапідприємств, захист довкілля, забруднення, авіатransпортні процеси, важкі метали, нафтопродукти, екологічна безпека авіапідприємств, захист довкілля, забруднення, авіатransпортні процеси, важкі метали, нафтопродукти.

Monitoring arrangement of snowpack state in the airport "Kyiv" zone has been presented. Investigation of impact of enterprises for exploitation and repair of aviation techniques on snowpack state in zone of airport "Kyiv" activity has been carried out by methods of multiple statistical analysis. Main factors and their summary effect have been determined.

Keywords: environmental safety of enterprises for exploitation and repair of aviation techniques, environment protection, pollution, aviation processes, heavy metals, hydrocarbons.

Вступ

Важливе місце серед об'єктів досліджень поблизу авіапідприємств займає атмосфера, стан якої можна оцінити на підставі аналізу атмосферних опадів.

Випадання опадів — дощу чи снігу — є механізмом виведення забруднюючих речовин з атмосфери і їхнього осадження на підстилаючу поверхню. Більшість забруднюючих речовин або сорбовані на твердих частках, або розчинені в краплях вологи [1].

Метали потрапляють в атмосферу від транспорту внаслідок здійснення високотемпературних технологічних процесів — згоряння палива та з викидами підприємств, і виводяться з атмосферними опадами під час сухого і мокрого осадження [2—4].

Концентрація важких металів (ВМ) в опадах у теплу і холодну пори року залежить від розташування джерел забруднення і метеорологічних умов. У зимових умовах, коли спостерігаються приземні температурні інверсії і, отже, ускладнений вертикальний обмін повітряних мас, забруднювачі накопичуються в приземному шарі атмосфери, при цьому зростає концентрація забруднення в повітрі та опадах [5].

Постановка проблеми

Забруднення снігового покриву відбувається в два етапи. По-перше, це забруднення сніжинок під час їхнього утворення в хмарі і випадання на місцевість — так зване вологе випадання за-

бруднюючих речовин зі снігом. По-друге, забруднення вже випавшого снігу в результаті сухого випадання забруднюючих речовин з атмосфери [6].

Сніг знаходиться в більш тривалому контакті з атмосферним повітрям, ніж дощ, і тому при його дослідженні ймовірність виявлення забруднювачів в атмосфері більш висока. Тому використання снігового покриву, як індикатора забруднення довкілля, дозволяє значно підвищити ефективність контролю забруднення атмосфери, вод, ґрунтів [7].

Актуальність дослідження впливу діяльності авіапідприємств на стан снігового покриву пов'язана з двома аспектами. По-перше, накопичення хімічних речовин поблизу аеропортів, заводів та інших підприємств цивільної авіації в снігу сприяють зменшенню забруднення підземних вод, атмосфери і ґрунту. При цьому вміст забруднювачів у пробах снігу характеризує не лише миттєвий стан середовища, а й дає можливість оцінити стан території за певний проміжок часу шляхом дослідження старого снігу (снігу, який перебував в зоні забруднення певний час). По-друге, сніг сам по собі може стати джерелом багатьох хімічних речовин, що погіршують якість ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод. Таким чином, нагальною проблемою є організація системи моніторингу стану снігового покриву на територіях поблизу підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки, як одного з індикаторів стану природно-територіального комплексу

в цілому з метою розроблення чинних рекомендацій щодо зниження рівня забруднення.

Аналіз досліджень і публікацій

Теоретичні й експериментальні дослідження фахівців з фізики атмосфери показали залежність розподілу приземних концентрацій забруднюючих речовин від [8]:

- турбулентності повітряних потоків;
- умов температурної стратифікації атмосфери;
- вологості повітря;
- розсіювання від джерела викиду;
- рельєфу місцевості;
- висоти викиду, його теплових та фізико-хімічних характеристик;
- швидкості і напрямку вітру.

Що стосується поширення ВМ в атмосфері, то у фонових умовах вони знаходяться, здебільшого, в паро-газовій формі. У повітрі промислових районів кількість завислих частинок в складі атмосфери для більшості елементів зростає до 70—90 % порівняно з фоновим значенням.

Під час аналізу техногенних аномалій в атмосфері важливими є дані про співвідношення розчинних і завислих форм в атмосферних опадах. Як свідчать матеріали досліджень [8—10], ці співвідношення пов'язані із ступенем забрудненості опадів.

Формування техногенних потоків і ареалів розсіювання пов'язане з характером розподілу твердих завислих частинок. Різноманітні характеристики викидів хімічних елементів у ближніх і дальніх зонах від джерела забруднення описані багатьма авторами, проте існує мало даних про баланс поширення викидів у цих зонах.

Проведені дослідження на виявлення маси викидів Cd, Cu, Zn, Cr, Pb, Sb, які уловлюються у сніговому покриві свідчать, що атмосферні опади фіксують лише 15—30 % маси викидів. Решта ж частинок викидів розсіюється, потрапляючи до регіонального і глобального циклів [6; 9; 10].

Мета роботи — проведення моніторингу стану снігового покриву на територіях, прилеглих до аеропорту «Київ», та статистичний аналіз токсичності проб снігового покриву для виявлення найбільш активних чинників впливу.

Схема моніторингу снігового покриву в межах аеропорту «Київ»

Аеропорт «Київ» розташований на південно-західній окраїні міста Києва (Солом'янський район) у кінці Повітрофлотського проспекту і межує: з південного сходу і сходу — з сільгоспугіддями; з північного сходу і півночі — з житловими масивами; з південного заходу і заходу — з промисловою зоною; з заходу — з шосейною дорогою Київ — Житомир та південно-західною залізницею; з південного сходу і півдня — з селом Жуляни.

До техніко-екологічних та структурних характеристик виробничих служб аеропорту належать такі об'єкти: авіатранспорт; авіаційно-технічна база, яка складається з поста зварювання, акумуляторної дільниці, постів фарбування та миття авіаційного обладнання; служба спеціального транспорту, яка включає вантажні машини, автобуси, легкові та спеціальні службові машини, пост зварювання, фарбування, акумуляторну дільницю; ремонтно-будівельне управління, в яке входить пост зварювання; служба головного механіка, що включає: пост зварювання, фарбування, акумуляторну дільницю; служби теплових інженерних систем теплозабезпечення; база електрорадіотехнічного забезпечення польотів літаків; аеродромна служба; служба паливно-мастильних матеріалів, в яку входять: автозаправочна станція, склад.

З метою аналізу стану снігового покриву в межах аеропорту «Київ» протягом семи років проводився відбір проб снігу відповідно до запропонованої схеми та виконувались дослідження щодо їх токсичності. Для обраного об'єкта такі дослідження проводились уперше.

Схема відбору проб снігового покриву: відбиралися проби щойно випавшого снігу та снігу, який перебував у зоні впливу авіапідприємств упродовж 10 днів.

Відбір здійснювався поблизу ЗПС та на відстані 20, 100, 250, 500, 1000 м від авіапідприємства.

Для території, що підлягала контролю, за даними досліджень і на підставі наявної документації був заповнений паспорт обстеженої ділянки і здійснений опис снігу.

Контроль забруднення снігового покриву в зоні діяльності авіапідприємств проводився з урахуванням напрямку вітру, рельєфу місцевості та часу, впродовж якого сніг перебував у зоні впливу авіатранспортних процесів, а також місця знаходження джерела викидів в атмосфері.

Положення точок відбору відмічалось на карті. Відмічені точки служили опорними пунктами під час вибору місця відбору проби.

Усі точки пробовідбору закріплювалися на місцевості та фіксувалися на картографічній основі [9].

Проби відбиралися на відстані не меншій, ніж 500 м від краю дороги, з метою уникнення вторинного забруднення снігу від автотранспортних процесів.

Відбір проб снігу здійснювався методом «конверта» розміром 5×5 м. Об'єднану пробу склали шляхом змішування п'яти точкових проб, взятих з одного майданчика.

Мінімальний об'єм проби талого снігу, необхідного для аналізу, становив 2 л.

Сніг відбирався пластиковою лопаткою в поліетиленові посудини. Всі об'єднані проби були зареєстровані в журналі і пронумеровані. Проби снігу маркувались і зберігались у ємностях у холодильнику. На етикетках вказувався номер і вік проби.

Хімічний склад опадів є похідним від складу повітря, з яким вони контактують.

Під час оцінювання ступеня забруднення атмосферних опадів керувались рекомендаціями щодо визначення параметрів атмосферних опадів [10]. Через відсутність нормативів щодо складу атмосферних опадів, фактичні дані про склад атмосферних опадів порівнювали з даними вітчизняних та зарубіжних робіт. Це дало уявлення про приблизну якість атмосферних опадів у різних районах, а особливо в районах з техногенним навантаженням.

Наступним етапом дослідження було проведення аналізів токсичності проб, що проводились на лабораторній базі Інституту гідробіології НАН України, та статистична обробка результатів.

Вміст хімічних елементів у пробах снігу визначався за допомогою таких фізико-хімічних методів: атомно-абсорбційно-спектрального аналізу, хроматографії, іонометрії.

Статистичний аналіз токсичності снігу

За показник токсичності снігового покриву Y_{ϕ} взято смертність *Daphnia magna* у відсотках у пробах снігу в розведенні 1:5 за 48 год. Чинниками зміни токсичності вибрані такі ознаки:

x_1 — концентрація азоту амонійного (N/NH_4^+), мг/дм³;

x_2 — концентрація нітратів (N/NO_3), мг/дм³;

x_3 — концентрація нітритів (N/NO_2^-), мг/дм³;

x_4 — концентрація марганцю (Mn), мкг/дм³.

Аналіз проводився як для проб нещодавно випавшого снігу, так і для проб старого снігу.

У результаті експериментальних досліджень токсичності снігового покриву одержані дані, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні дані про токсичність старого снігу

Y_{ϕ} , %	x_1	x_2	x_3	x_4
76	1,60	1,80	0,03	90,00
70	1,30	1,70	0,03	84,20
61	1,10	1,60	0,02	70,00
34	0,90	1,40	0,01	46,00
23	0,80	1,20	0,01	44,10

Значення квадратичних коефіцієнтів варіації для більшості факторів та показника менші за 33 %, що свідчить про однорідність досліджуваної інформації. Кореляційно-регресійний аналіз

даних показує, що усі чотири фактори тісно пов'язані з показником (табл. 2).

Таблиця 2

Парні коефіцієнти кореляції між факторами та показником токсичності проб снігу

Фактор	Значення коефіцієнта кореляції між фактором та показником Y (смертність <i>Daphnia magna</i> , %)
x_1 — концентрація азоту амонійного (N/NH_4^+), мг/дм ³	0,93
x_2 — концентрація нітратів (N/NO_3), мг/дм ³	0,99
x_3 — концентрація нітритів (N/NO_2^-), мг/дм ³	0,96
x_4 — концентрація марганцю (Mn), мкг/дм ³	0,98

Для порівняння і з'ясування суттєвості впливу факторів на показник смертності проведено багатофакторний статистичний аналіз даних з урахуванням різних комбінацій факторних показників x_1, x_2, x_3, x_4 .

З отриманих результатів обробки експериментальних даних випливає, що двофакторна модель з урахуванням факторів x_2 (концентрація нітратів) та x_4 (концентрація марганцю) найбільш прийнятна для подальших досліджень впливу авіатранспортних процесів на стан снігового покриву.

Було побудовано множинні лінійні регресії у фактичному та стандартизованому масштабі. Результати досліджень проб снігу наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Розрахунки коефіцієнтів двофакторної множинної регресії

Початкові дані						Двофакторна модель x_1, x_4		
Y_{ϕ}	x_1	x_2	x_3	x_4	a_0	a_2	a_4	Y_p
76	1,60	1,80	0,03	90,00	-63,04	54,40	0,48	78,04
70	1,30	1,70	0,03	84,20				69,82
61	1,10	1,60	0,02	70,00				57,57
34	0,90	1,40	0,01	46,00				35,18
23	0,80	1,20	0,01	44,10				23,39
r	0,93	0,99	0,96	0,98				$R = 0,9959$

У табл. 3 використані такі позначення:

Y_{ϕ} — експериментальні показники токсичності; Y_p — показники токсичності, розраховані за побудованою множинною моделлю; r — парний лінійний коефіцієнт кореляції між відповідним фактором і показником; R — коефіцієнт множинної кореляції; a_0 — вільний член рівняння множинної регресії; a_1, a_4 — коефіцієнти рівняння множинної регресії при змінних x_1 та x_4 .

Відповідне рівняння множинної моделі має вигляд:

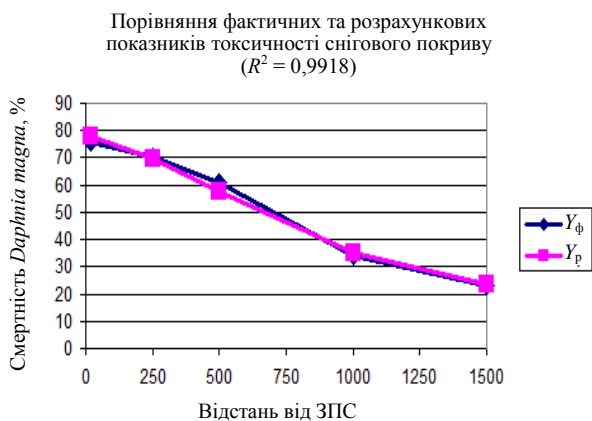
$$Y = -63,04 + 54,40 \cdot x_2 + 0,48 \cdot x_4,$$

коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9918$.

Для оцінювання значущості коефіцієнтів детермінації R^2 використано критерій Фішера, який для одержаних результатів дорівнює 364,14. Критичне значення критерію Фішера для рівня достовірності 95 % дорівнює 10,13.

Отже, з надійністю 95 % можна стверджувати, що коефіцієнт множинної детермінації статистично значущий, і вибрані фактори описують варіацію показника адекватно.

Порівняння фактичних показників токсичності та відповідних розрахункових значень показано на рисунку.



Порівняння фактичних та розрахункових показників токсичності проб снігу

Для побудованої моделі показник впливу системного ефекту дорівнює 0,48, тобто варіація токсичності проб снігу на 48 % визначається системним впливом факторів. Аналіз еластичності показника токсичності снігового покриву показує, що найбільш значущий вплив на зміну якості снігу в районі діяльності авіатранспортних підприємств має концентрація марганцю.

Висновки

Результати проведених досліджень свідчать, що в зоні діяльності авіапідприємства «Київ» відбувається значне забруднення снігового покриву, пов'язане саме з авіатранспортними процесами.

Аналізи показали, що всі проби снігу можна вважати забрудненими свинцем, марганцем, залізом, нікелем, проби старого снігу на відстані 20 м забруднені алюмінієм та не забруднені міддю і кадмієм згідно з літературними даними та умовним контролем. Встановлено чітку залежність зменшення токсичності снігу з віддаленням від аеропорту. Визначено, що смертність дафній залежить також і від терміну часу, впродовж якого сніг перебував під дією забруднення. Так, проби старого снігу були більш токсичні, ніж проби снігу, що відібрані відразу після його ви-

падання, оскільки концентрації забруднювачів у пробах старого снігу вищі, ніж у пробах щойно випавшого снігу. Математична обробка статистичних даних стану снігового покриву в зоні впливу авіапідприємств дозволяє зробити такі висновки: найсуттєвіший вплив на рівень токсичності снігу має концентрація марганцю. Про це свідчать стандартні коефіцієнти множинної регресії та коефіцієнт еластичності показників токсичності снігу. Значний вплив концентрація марганцю має на якість проб снігу (зміна концентрації марганцю на 1 % відповідно до моделі призводить до підвищення рівня токсичності на 22—23 %). При цьому для моделей досить значним є сумарний ефект впливу чинників. Отримані результати свідчать про необхідність продовження досліджень з метою поліпшення екологічного стану території в зоні експлуатації і ремонту авіаційної техніки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Величко О. М. Контроль забруднення довкілля : навч. посіб. / О. М. Величко, Д. В. Зеркалов. — К. : Основа, 2002. — 255 с.
2. Коніцула Т. Я. Аналіз впливу забруднення атмосферного повітря на населення Шевченківського району міста Києва / Т. Я. Коніцула, Б. О. Горлицький, А. І. Ясулайтіс // Екологія и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов : XII между. науч.-практ. конф., 31 мая — 4 июня 2004 г. — Х., 2004. — С. 232—237.
3. Мушин А. Г. Экологическая характеристика воздушного транспорта / А. Г. Мушин. // Общероссийский научно-технический журнал. — М. : Машиностроение, 2008. — №7. С. 26—32.
4. Токарев В. Ф. Авиация и природа / В. Ф. Токарев, В. М. Котляр. — М. : Транспорт, 1984. — 136 с.
5. Сердюк С. М. Екологічна оцінка забруднення важкими металами урбанізованих територій Дніпровсько-Дніпродзержинської агломерації : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.16 «Екологія» / С. М. Сердюк. — Дніпропетровськ, 2004. — 20 с.
6. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І. М. Волошин. — Л. : «Простір М», 1998. — 356 с.
7. Бахарев В. С. Екологічна безпека регіону в умовах техногенного пилового забруднення атмосферного повітря агломерації : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / В. С. Бахарев — Л., 2006. — 20 с.
8. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сагет, Б.А. Ревич [и др.]. — М.: Недра, 1990 — 335 с.
9. Баламцарашвілі Г. М. Основи геохімії навколишнього середовища: навч.-метод. посіб. — К. : КПІ, 1997. — 67 с.
10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. — М. : Гидрометеоиздат, 1991. — 693 с.