УДК: 656.71:504.43/45(045)

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ В ЗОНІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

В.А. Гроза, доц.;
С.М. Маджд;
Г.М. Франчук, д-р техн. наук, проф.
(Національний авіаційний університет)

Здійснена математична обробка статистичних даних про стан ґрунтового покриву в зоні впливу підприємств з експлуатації і ремонту авіаційної техніки.

Осуществлена математическая обработка статистических данных о состоянии почвенного покрова в зоне влияния предприятий из эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Mathematical processing of statistical data on the state of soils in zones affected by enterprises for exploitation and repair of aviation techniques is carried out.

В умовах інтенсифікації авіатранспортних процесів, широкого використання хімічних речовин для утримання аеропортів і техніки в ґрунтовий покрив територій поблизу аеродромів, заводів та інших підприємств цивільної авіації надходять у значних кількостях хімічні речовини. Інший шлях забруднення ґрунтів — із повітряного басейну в результаті осідання викидів під час роботи літаків та спецавтотранспорту. Дослідження, проведені у нас в країні і за її межами, свідчать, що рівень забруднення ґрунтів в межах підприємств з ремонту і експлуатації авіаційної техніки досить високий [1]. В 1 м^2 ґрунту міститься в середньому до 200—250 г органічних і неорганічних хімічних речовин штучного походження.

© В.А. Гроза, С.М. Маджд, Г.М. Франчук, 2010

Значне забруднення ґрунтового покриву в межах аеропортів відбувається через вилив палива. Дослідження показали, що поверхневий стік з території аеропорту характеризується значним вмістом важких металів (ВМ), органічних домішок та інших речовин [2].

Проведення широкомасштабних обстежень ґрунтів у зонах впливу авіапідприємств показало підвищений вміст важких металів у них більше, ніж у 20 разів у порівнянні з природним. Максимальне забруднення спостерігається біля складів паливно-мастильних матеріалів, ремонтних майстерень, перону, а також уздовж злітно-посадочної смуги (ЗПС). При сильному та помірному забрудненні в ґрунтах знаходили від 8 до 18 мг/кг важких металів, вміст яких значно перевершував природний [2—4].

Ґрунтовий покрив представляє систему менш динамічну і більш буферну, ніж атмосферне повітря чи водойми. Одна з особливостей ґрунту полягає в тому, що він накопичує інформацію про процеси і зміни, які відбуваються, і тому може розглядатися як своєрідний індикатор не тільки миттєвого стану середовища, але і відображати минулі процеси. Ґрунти здійснюють протекторну роль стосовно природних вод, атмосфери і рослинності. Але в той же час, виконуючи захисні функції, ґрунти можуть стати основним джерелом багатьох хімічних речовин, що забруднюють природні води і небезпечні для рослин. Саме це і актуалізує необхідність проведення робіт з вивчення впливу діяльності авіапідприємств на стан ґрунтового покриву, організацію системи спостережень та аналізів з метою розробки дійових рекомендацій щодо зниження рівня забруднення.

Метою роботи є аналіз стану ґрунтового покриву в межах діяльності аеропорту «Київ». Для реалізації цієї мети протягом 7 років проводився відбір проб ґрунту відповідно до запропонованої схеми та виконувались дослідження щодо їх токсичності. Для обраного об'єкту такі дослідження проводились вперше.

Схема відбору проб ґрунтового покриву: проби відбиралися з поверхневого шару та з глибини 20 см посезонно поблизу ЗПС та на відстані 20 м, 100 м, 250 м, 500 м, 1000 м від авіапідприємства (АП). При відборі проб для контролю забруднення ґрунту і оцінки його якісного стану показники, що підлягали контролю, вибирались із застосуванням ГОСТ 17.4.2.01-81 [5] та ГОСТ 17.4.3.01-83 [6].

На територію, що підлягала контролю, за даними досліджень і на підставі наявної документації був заповнений паспорт обстеженої ділянки і здійснений опис ґрунту.

Контроль забруднення ґрунтів в зоні діяльності авіапідприємств проводився з урахуванням метеорологічних умов, рельєфу місцевості та спеціальних характеристик району.

В ході роботи було намічено 2 ділянки площею 25 м^2 кожна. Одна —дослідна, в зоні впливу авіатранспортних процесів, інша — контрольна на техногенно незабрудненій території. Контрольна ділянка була вибрана свідомо незабруднена і мала однаковий з дослідною природний склад ґрунту.

Положення точок відбору відмічалось на карті. Відмічені точки служили опорними пунктами при виборі місця відбору проби. Всі точки пробовідбору закріплювалися на місцевості та фіксувались на картографічній основі [6].

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

Перед відбором проби ґрунту в точці відбору наземна частина рослин зрізалась.

Згідно з ГОСТ 17.4.2.03-86 [7], проби ґрунту, які призначались для визначення ВМ, відбиралися інструментами, які не містили металів.

Відбір проб ґрунтів здійснювався методом «конверту» розміром 5×5 м. Об'єднану пробу складали шляхом змішування п'яти точкових проб, взятих з одного майданчика. Маса об'єднаної проби складала не менше 1 кг.

Майданчик для відбору проб грунту був розташований поблизу майданчика для відбору проб рослинності, але не збігався з ним за територією.

Для аналізу розподілу нафтопродуктів та ВМ у ґрунті по вертикалі були взяті зразки поверхневого ґрунту та із зануренням на 20 см вглиб.

Всі об'єднані проби були зареєстровані в журналі і пронумеровані. Коренева система рослин залишалась у пробі ґрунту.

Повітряно-сухі проби маркувались і зберігались у мішечках з матерії. На етикетці вказувався номер і глибина відбору проби [7].

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

Токсичність ґрунту $Y_ф$ оцінювалась смертністю Daphnia magna у відсотках у водних витяжках ґрунту в розведенні 1:5 за 48 годин. За факторні показники зміни токсичності вибрані наступні ознаки:

X1 — вміст нафтопродуктів, мг/кг;
X2 — pH водної витяжки ґрунту;
X3 — концентрація Pb, мг/кг;
X4 — відстань від ЗПС, м.

Аналізи проводились для проб, взятих на поверхні ґрунту та на глибині 20 см.

В результаті проведення досліджень впливу авіатранспортних процесів на токсичність ґрунту одержані такі дані (табл. 1 і 2).

Таблиця 1 — **Вихідні дані про токсичність ґрунту (проби взяті на поверхні H=0 м)**

$Y_ф$, %	X1	X2	X3	X4
45,00	13,50	7,20	45,00	1000,00
50,00	17,50	6,80	8,50	500,00
50,00	31,60	7,00	13,70	250,00
72,00	86,50	6,90	17,20	20,00
75,00	119,00	6,90	41,90	0,00

Таблиця 2 — **Вихідні дані про токсичність ґрунту (проби взяті на глибині H=20 см)**

Yф, %	X1	X2	X3	X4
45,00	11,50	7,20	29,20	1000,00
45,00	11,50	6,90	12,00	500,00
50,00	30,00	7,00	11,90	250,00
65,00	54,30	7,00	17,00	20,00
70,00	88,50	7,00	35,60	0,00

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

Попередній аналіз даних показує, що другий і третій фактори (pH та концентрація свинцю) не мають вираженого регресійного зв'язку з показником токсичності. Ці висновки підтверджуються значеннями коефіцієнтів кореляції між окремо взятими факторами та показником смертності дафній, представлені у табл. 3.

Таблиця 3 — **Парні коефіцієнти кореляції між факторами та показником токсичності ґрунту**

Фактор	**Значення коефіцієнта кореляції між фактором та показником Y (смертність Daphnia magna, %)**	
	H=0 м	**H=20 м**
X1 — вміст нафтопродуктів, мг/кг	0,98	0,97
X2 — pH водної витяжки ґрунту	-0,47	-0,19
X3 — концентрація Pb, мг/кг	0,15	0,46
X4 — відстань від ВПС, м	-0,84	-0,83

При цьому слід зазначити, що характер залежності між показником і кожним з факторів однаковий для проб, взятих на поверхні, і для проб, взятих на глибині 20 метрів.

Парні коефіцієнти показують, що показник смертності Daphnia magna найбільш тісно пов'язаний з першим (вміст нафтопродуктів) та четвертим (відстань від ЗПС) факторами. Відповідні парні залежності можуть бути представлені у вигляді парних лінійних регресій. Відповідні рівняння та графіки зображені на рис. 1—4.

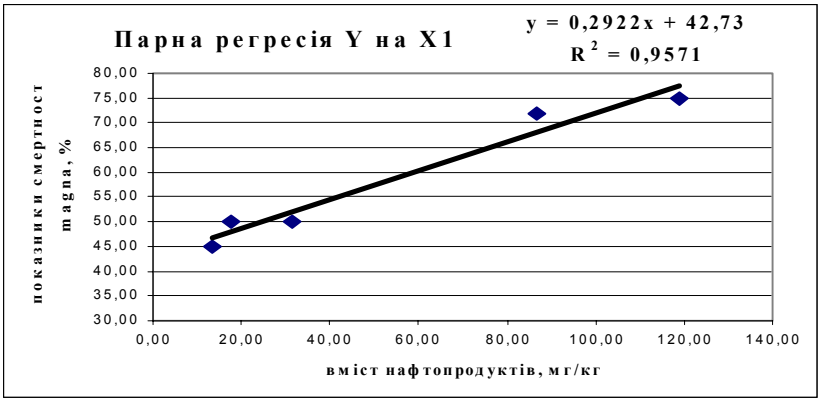

Рис. 1. Моделювання залежності показника смертності Daphnia magna від концентрації нафтопродуктів для поверхневих роб ґрунту

Залежність показника смертності Daphnia magna від вмісту нафтопродуктів досить адекватно (R^2=0,9571) описується лінійною залежністю Y=0,2922X1–0,9571.

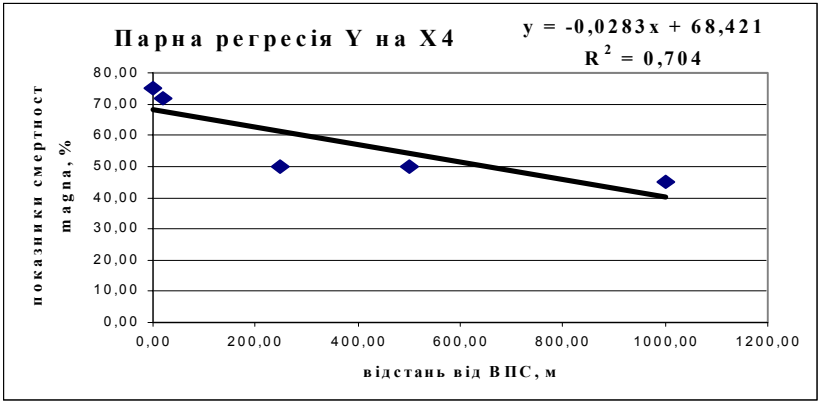

Рис. 2. Моделювання залежності показника смертності Daphnia magna від відстані для поверхневих проб ґрунту

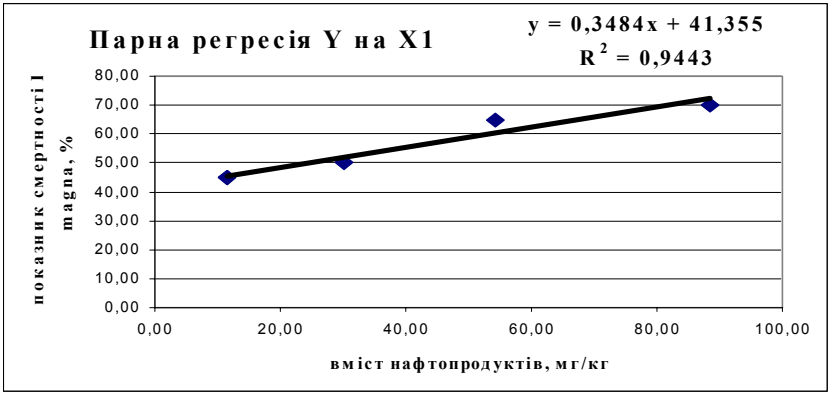

Рис. 3. Моделювання залежності показника смертності Daphnia magna від вмісту нафтопродуктів для проб ґрунту, що відібрані на глибині 20 см

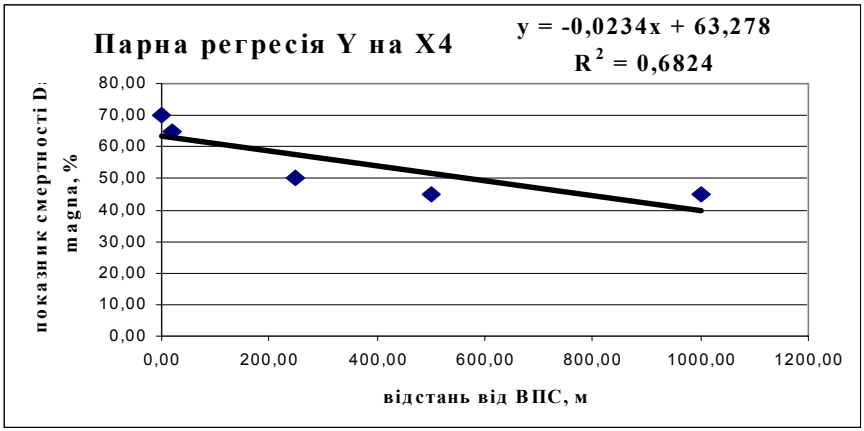

Рис. 4. Моделювання залежності показника смертності Daphnia magna від відстані для проб ґрунту, що відібрані на глибині 20 см

Для порівняння і з'ясування суттєвості впливу кожного з факторів на показник проведено багатофакторний статистичний аналіз даних. Було побудовано множинні лінійні регресії у фактичному та стандартизованому масштабі. Результати досліджень проб ґрунту представлені у табл. 4, 5.

Таблиця 4 — **Розрахунки коефіцієнтів двофакторної множинної регресії**

Початкові дані						Двофакторна модель X1, X4			
H	**X1**	**X2**	**X3**	**X4**	**Yф**	**a0**	**a1**	**a4**	**Yр**
H=0	13,50	7,20	45,00	1000,00	45,00	45,941	0,261	-0,004	45,13
	17,50	6,80	8,50	500,00	50,00				48,34
	31,60	7,00	13,70	250,00	50,00				53,10
	86,50	6,90	17,20	20,00	72,00				68,43
	119,00	6,90	41,90	0,00	75,00				77,00
r	**0,98**	**-0,47**	**0,15**	**-0,84**					**R=0,9812**
H=20 см	11,50	7,20	29,20	1000,00	45,00	44,128	0,311	-0,004	44,02
	11,50	6,90	12,00	500,00	45,00				45,86
	30,00	7,00	11,90	250,00	50,00				52,53
	54,30	7,00	17,00	20,00	65,00				60,94
	88,50	7,00	35,60	0,00	70,00				71,65
r	**0,97**	**-0,19**	**0,46**	**-0,83**					**R=0,9748**

В таблиці 4 використані такі позначення:

$Y_ф$ — експертиментальні показники токсичності; $Y_р$ — показники токсичності, розраховані за побудованою множинною моделлю; r — парний лінійний коефіцієнт кореляції між відповідним фактором і показником; R — коефіцієнт множинної кореляції; a0 — вільний член рівняння множинної регресії; a1, a4 — коефіцієнти рівняння множинної регресії при факторах X1 та X4.

В таблиці 5 коефіцієнти a*1, a*4 позначають стандартні оцінки параметрів множинної регресії.

Таблиця 5 — **Стандартні оцінки параметрів множинної регресії**

Глибина взяття проб	a*1	a*4
H=0	0,87	-0,13
H= 20 см	0,87	-0,13

З отриманих результатів обробки експериментальних даних випливає, що двофакторні моделі з врахуванням факторів X1 та X4 цілком прийнятні для подальших досліджень впливу авіатранспортних процесів на стан ґрунтів. Ці моделі представляються у вигляді наступних рівнянь:

Y = 45,491 + 0,261*X1 – 0,004*X4 — для даних проб, узятих на поверхні;

Y = 44,128 + 0,311*X1 – 0,004*X4 — для даних проб, узятих на глибині 20 см.

Про адекватність моделей свідчать коефіцієнти детермінації: R^2=0,9628 для проб ґрунту, відібраних на поверхні, та R^2=0,9502 для проб ґрунту, відібраних на глибині 20 см.

Для оцінки значущості коефіцієнтів детермінації R2 використано критерій Фішера (F-відношення, який для одержаних результатів дорівнює 77,54 для першої моделі і 57,28 для другої. Критичне значення критерію Фішера для рівня надійності 95% дорівнює 10,13. Отже, з надійністю 95% можна стверджувати, що коефіцієнти множинної детермінації статистично значимі, і вибрані фактори описують варіацію показника адекватно.

Порівняння фактичних показників токсичності та відповідних розрахункових значень показано на рис. 5—6.

Порівняльний аналіз стандартних оцінок параметрів відповідної множинної регресії показує, що внесок фактора X1 у зміну

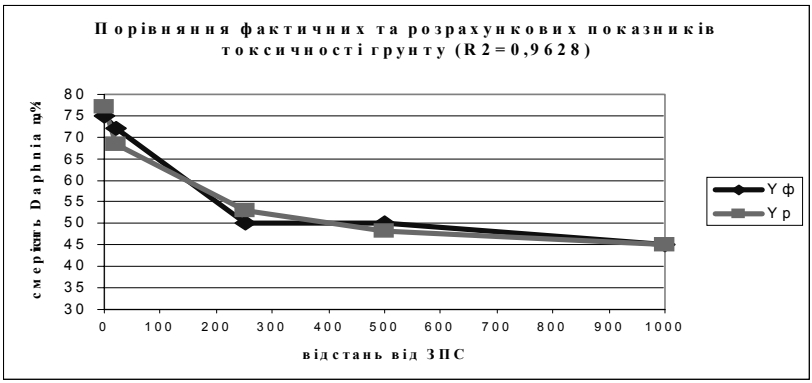

Рис. 5. Порівняння фактичних та розрахункових показників токсичності проб ґрунту, відібраних на поверхні

Рис. 6. Порівняння фактичних та розрахункових показників токсичності проб ґрунту, відібраних на глибині 20 см

показника значно більший за внесок фактора X4. Крім того, можна оцінити вплив системного ефекту факторів: для побудованої моделі показник впливу системного ефекту дорівнює 0,18. Це свідчить про те, що варіація токсичності проб ґрунту на 18 відсотків визначається системним впливом факторів.

Нижче в табл. 6 представлені результати розрахунків коефіцієнтів еластичності для показника токсичності проб ґрунту.

Таблиця 6 — **Коефіцієнти еластичності показника токсичності ґрунту**

Фактори	X1	X4
Коефіцієнти еластичності (H=0)	23,96	2,42
Коефіцієнти еластичності (H=20 см)	22,14	2,57

Аналіз еластичності показника токсичності ґрунту показує, що найбільш значний вплив на зміну якості ґрунту в районі діяльності авіатранспортних підприємств має вміст нафтопродуктів.

Висновки. Результати проведених досліджень свідчать, що в зоні діяльності авіапідприємства «Київ» відбувається значне забруднення ґрунтового покриву, пов'язане саме з авіатранспортними процесами. Аналізи показали перевищення концентрацій (по відношенню до ГДК) за такими речовинами як свинець (в поверхневому ґрунті поблизу ЗПС в 2 рази, на

відстані 100 м — в 1,1 раза та на відстані 1000 м — в 2,2 раза. У ґрунті, взятому з глибини 20 см, кількість свинцю збільшилась в 1,7 раза біля ЗПС та на відстані 1000 м — в 1,4 раза) та нафтопродукти (перевищення складає 23—238 разів).

Математична обробка статистичних даних про стан ґрунтового покриву в зоні впливу авіапідприємств дозволяє зробити наступні висновки: найсуттєвіший вплив на рівень токсичності ґрунту має концентрація нафтопродуктів. Про це свідчать стандартні коефіцієнти множинних регресій та коефіцієнти еластичності показників токсичності ґрунту. Значний вплив концентрація нафтопродуктів має на якість проб ґрунту (зміна концентрації нафтопродуктів на 1% відповідно до моделі призводить до підвищення рівня токсичності на 22—23%). При цьому для моделей досить значним є сумарний ефект впливу факторів (вище 18%).

Отримані результати свідчать про необхідність продовження досліджень з метою поліпшення екологічного стану території в зоні експлуатації і ремонту авіаційної техніки.

* * *

1. Ененков В.Г. Защита окружающей среды при авиатранспортных процессах / В.Г. Ененков // 2-е изд. — М.: Транспорт, 1986. — 198 с.

2. Франчук Г.М. Екологія авіація і космос / Г.М. Франчук, В.М. Ісаєнко. — К.: НАУ, 2005. — 450 с.

3. Бойченко С.В. Раціональне використання вуглеводних палив / С.В. Бойченко. — К.: НАУ, 2001. — 216 с.

4. Boychenko S. Ecologicol aspect of use of hydrocardon fuels / S. Boychenko, J. Kobylyansky, S. Lutyj // Ecological chemistry and engineering. — 2004. — T. 11. — Nr S 1. — P. 9—13.

5. ГОСТ 17.4.2.01-81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. — М.: Изд-во стандартов, 1981. — 84 с.

6. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. — М.: Изд-во стандартов, 1983. — 62 с.

7. ГОСТ 17.4.2.03-86. Охрана природы. Почвы. Паспорт почв. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 75 с.

Отримано: 01.03.2010 р.