

УДК 656.71:504.43/45(045)

¹Г.М. Франчук, д.т.н., проф.²В.А. Гроза, к.ф.-м.н., доц.³С.М. Маджд, к.т.н., доц.

БАГАТОФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТУ НА ТЕРИТОРІЯХ ПОБЛИЗУ АЕРОПОРТУ

Національний авіаційний університет

¹E-mail: grigfran@yahoo.com²E-mail: valentina.groza@gmail.com³E-mail: madzhd@yahoo.com

Методами багатфакторного статистичного аналізу досліджено вплив підприємств з експлуатації і ремонту авіаційної техніки на стан ґрунтів у межах діяльності аеропорту. Наведено техніко-екологічну характеристику аеропорту. Проведено моніторинг ґрунту на територіях, прилеглих до авіаційних підприємств. Визначено чинники, що найбільш впливають на токсичність ґрунту. Оцінено їх сумарний ефект на стан ґрунтового покриву.

Ключові слова: авіатранспортні процеси, важкі метали, екологічна безпека авіаційних підприємств, забруднення, захист довкілля, нафтопродукти.

Постановка проблеми

Із вирішенням проблем екологічної безпеки в Україні нерозривно пов'язані питання оцінки та зменшення несприятливого впливу об'єктів цивільної авіації на стан навколишнього природного середовища.

У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення екологічних проблем транспортної, виробничої, інтелектуальної і соціальної діяльності за рахунок державної та галузевої систем екологічного управління, які нині знаходяться в стадії формування.

Актуальність дослідження впливу діяльності авіаційних підприємств на стан ґрунтового покриву пов'язана з двома аспектами.

По-перше, накопичуючи хімічні речовини поблизу аеродромів, заводів та інших підприємств цивільної авіації, ґрунти сприяють зниженню забруднення підземних вод, атмосфери і рослинності. При цьому вміст забруднювачів у ґрунтах характеризує не лише миттєвий стан середовища, а й відображає минулі процеси.

По-друге, ґрунти самі по собі можуть стати джерелом багатьох хімічних речовин, що погіршують якість природних вод і є небезпечними для рослин.

Таким чином, нагальною проблемою є організація системи моніторингу стану ґрунтів на територіях поблизу підприємств з експлуатації та ремонту авіаційної техніки для розробки дійових рекомендацій щодо зниження рівня забруднення.

Огляд досліджень і публікацій

В умовах інтенсифікації авіатранспортних процесів підприємства з експлуатації та ремонту авіаційної техніки є джерелами забруднення прилеглих територій значними кількостями хімічних речовин.

Основні шляхи забруднення ґрунтів в результаті авіатранспортних процесів такі:

- змивання в ґрунтовий покрив хімічних речовин, що використовуються для утримання аеропортів і техніки;
- осідання з повітря викидів у результаті роботи літаків і спецавтотранспорту;
- виливи палива.

Дослідження свідчать, що рівень забруднення ґрунтів у межах авіаційних підприємств досить високий.

У середньому 1 м² ґрунту містить до 200–250 г органічних і неорганічних хімічних речовин штучного походження [1].

Значне забруднення ґрунтового покриву в межах аеропортів відбувається через вилив палива.

Поверхневий стік із території аеропорту характеризується значним вмістом важких металів (ВМ), органічних домішок та інших речовин [2].

Проведення широкомасштабних обстежень ґрунтів у зонах впливу авіаційних підприємств показало підвищений вміст ВМ у них більше, ніж у 20 разів порівняно з природним.

Максимальне забруднення спостерігається біля складів паливно-мастильних матеріалів, ремонтних майстерень, перону, а також уздовж злітно-посадкової смуги (ЗПС).

У разі сильного та помірного забруднення в ґрунтах виявилось від 8 до 18 мг/кг ВМ, вміст яких значно перевершував природний [2–4].

Мета роботи – використання багатофакторного статистичного аналізу проб ґрунтового покриву на територіях, прилеглих до аеропорту.

Моніторинг ґрунтового покриву в межах аеропорту

Ґрунти в районі дослідження аеропорту, розташованого на окраїні міста, за механічним складом належать до суглинків і схильні до розмокання. Водопроникність слабка.

Глибина залягання ґрунтових вод становить від 1,75 до 2 м.

Поряд з аеропортом межують:

- сільгоспугіддя;
- житлові масиви;
- промислова зона;
- шосейна дорога;
- залізниця;
- село.

Виробнича служба аеропорту включає такі об'єкти:

- 1) авіатранспорт;
- 2) авіаційно-технічна база:
 - пост зварювання;
 - акумуляторна дільниця;
 - пост фарбування;
 - пункт миття авіаційного обладнання;
- 3) служба спеціального транспорту:

- вантажні машини;
- автобуси;
- легкові машини;
- спеціальні службові машини;
- пост зварювання;
- пост фарбування;
- акумуляторна дільниця;

4) ремонтно-будівельне управління, в яке входить пост зварювання;

5) служба головного механіка:

- пост зварювання;
- пост фарбування;
- акумуляторна дільниця;

6) служби теплових інженерних систем теплозабезпечення;

7) база електрорадіотехнічного забезпечення польотів літаків;

8) аеродромна служба;

9) служба паливно-мастильних матеріалів:

- автозаправочна станція;
- склад.

Для аналізу стану ґрунтового покриву в межах аеропорту протягом семи років проводився відбір проб ґрунту відповідно до запропонованої схеми та виконувалися дослідження щодо їх токсичності. Для обраного об'єкта такі дослідження проводились уперше.

Відбір проб ґрунтового покриву

Проби ґрунтового покриву відбиралися з поверхневого шару та з глибини 20 см сезонно поблизу ЗПС та на відстані 20, 100, 250, 500, 1000 м від авіаційного підприємства.

Відбір проб для контролю забруднення ґрунту і оцінки його якісного стану показники, що підлягали контролю, здійснювали відповідно до ГОСТ 17.4.2.01–81 [5] та ГОСТ 17.4.3.01–83 [6].

На територію, що підлягала контролю, за даними досліджень та документації був заповнений паспорт обстеженої ділянки і виконаний опис ґрунту.

Контроль забруднення ґрунтів у зоні діяльності авіаційних підприємств проводився з урахуванням:

- метеорологічних умов;
- рельєфу місцевості;
- спеціальних характеристик району.

У ході роботи було намічено дві ділянки площею 25 м² кожна:

– дослідна, в зоні впливу авіатранспортних процесів;

– контрольна на техногенно незабрудненій території.

Контрольна ділянка була вибрана свідомо незабруднена і мала однаковий із дослідною природний склад ґрунту.

Положення точок відбору відмічалось на карті.

Відмічені точки служили опорними пунктами при виборі місця відбору проби.

Усі точки пробовідбору закріплювалися на місцевості та фіксувалися на картографічній основі [6].

Проби відбирали на відстані не меншій, ніж 500 м від краю дороги, для уникнення вторинного забруднення ґрунту від авіатранспортних процесів.

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

Згідно з ГОСТ 17.4.2.03–86 [7] проби ґрунту, які призначалися для визначення ВМ, відбирали інструментами, які не містили металів.

Відбір проб ґрунтів здійснювався методом «конверта» розміром 5×5 м.

Об'єднану пробу складали змішуванням п'яти точкових проб, взятих з одного майданчика.

Маса об'єднаної проби становила не менше 1 кг.

Майданчик для відбору проб ґрунту 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 взято зразки поверхневого ґрунту та з зануренням на 20 см вглиб.

Усі об'єднані проби зареєстровано в журналі і пронумеровані.

Коренева система рослин залишалась у пробі ґрунту.

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

Наступним етапом дослідження було проведення аналізів токсичності проб, що проводилися на базі лабораторії Інституту гідробіології Національної академії наук України, та статистична обробка результатів.

Статистичний аналіз токсичності ґрунту

За показник токсичності ґрунту Y_{ϕ} взято смертність *Daphnia magna* у відсотках у водних витяжках ґрунту в розведенні 1:5 за 48 год.

Чинниками зміни токсичності вибрані такі ознаки:

x_1 – вміст нафтопродуктів, мг/кг;

x_2 – рН водної витяжки ґрунту;

x_3 – концентрація Pb, мг/кг;

x_4 – відстань від ЗПС, м.

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

Під час проведення досліджень впливу авіатранспортних процесів на токсичність ґрунту в зоні діяльності аеропорту були взяті проби на поверхні $H = 0$, $H = 20$ см (табл. 1).

Таблиця 1

Вихідні дані про токсичність ґрунту

Y_{ϕ} , %	x_1	x_2	x_3	x_4
<i>H=0</i>				
45	13,50	7,20	45,00	1000
50	17,50	6,80	8,50	500
50	31,60	7,00	13,70	250
72	86,50	6,90	17,20	20
75	119,00	6,90	41,90	0
<i>H=20 см</i>				
45	11,50	7,20	29,20	1000
45	11,50	6,90	12,00	500
50	30,00	7,00	11,90	250
65	54,30	7,00	17,00	20
70	88,50	7,00	35,60	0

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

Кореляційно-регресійний аналіз даних показує, що другий і третій чинники (рН та концентрація свинцю) не мають вираженого регресійного зв'язку з показником токсичності.

Коефіцієнт кореляції за абсолютним значенням менший за 0,5.

Парні коефіцієнти показують, що показник смертності *Daphnia magna* найбільш тісно пов'язаний із першим (вміст нафтопродуктів) та четвертим (відстань від ЗПС) чинниками.

Характер залежності між показником і кожним з чинників однаковий для проб, взятих на поверхні, і для проб, взятих на глибині 20 м.

Для порівняння і з'ясування суттєвості впливу кожного з чинників на показник проведено багатофакторний статистичний аналіз даних.

Побудовано множинні лінійні регресії у фактичному та стандартизованому масштабі.

Результати досліджень проб ґрунту наведено в табл. 2, 3.

Коефіцієнти a^*_1 , a^*_4 (табл. 2) позначають стандартні оцінки параметрів множинної регресії.

Таблиця 2

Стандартні оцінки параметрів множинної регресії

Глибина взяття проб Н, см	a^*_1	a^*_4
0	0,87	-0,13
20	0,87	-0,13

Таблиця 3

Розрахунки коефіцієнтів двофакторної множинної регресії у фактичному масштабі

Початкові дані						Двофакторна модель X1, X4			
Н	x_1	x_2	x_3	x_4	Y_ϕ	a_0	a_1	a_4	Y_p
Н=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
Н=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

Примітка. 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 .

Із результатів обробки експериментальних даних випливає, що двофакторні моделі з урахуванням чинників x_1 та x_4 цілком прийнятні для подальших досліджень впливу авіатransпортних процесів на стан ґрунтів.

Ці моделі подаються у вигляді таких рівнянь:

– для даних проб, взятих на поверхні:

$$Y = 45,491 + 0,261x_1 - 0,004x_4;$$

– для даних проб, взятих на глибині 20 см:

$$Y = 44,128 + 0,311x_1 - 0,004x_4.$$

Про адекватність моделей свідчать коефіцієнти детермінації:

– для проб ґрунту, відібраних на поверхні:

$$R^2 = 0,9628;$$

– для проб ґрунту, відібраних на глибині 20 см:

$$R^2 = 0,9502.$$

На основі критерію Фішера з надійністю 95 % можна стверджувати, що коефіцієнти множинної детермінації статистично значущі, й вибрані чинники описують варіацію показника адекватно.

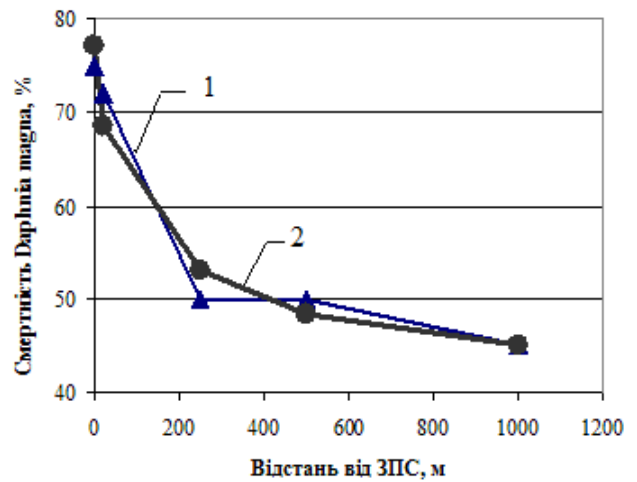
Порівняння фактичних та розрахункових показників токсичності для $R^2 = 0,9628$ та $R^2 = 0,9502$ показано на рисунку.

Для побудованої моделі показник впливу системного ефекту дорівнює 0,18, тобто варіація токсичності проб ґрунту на 18 % визначається системним впливом факторів.

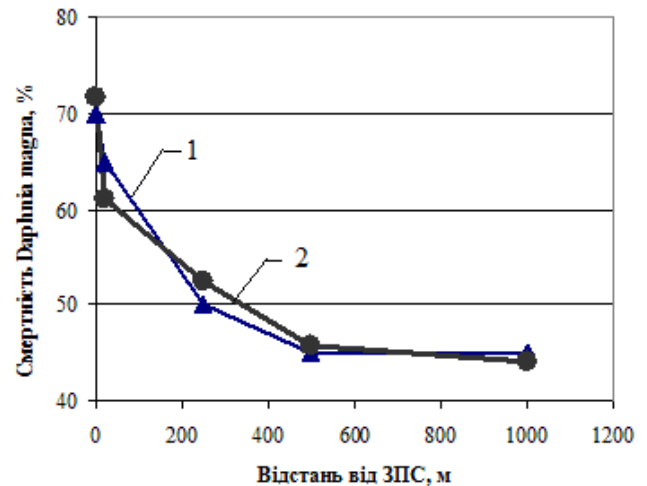
Аналіз еластичності показника токсичності ґрунту показує, що найбільш значний вплив на зміну якості ґрунту в районі діяльності авіатранспортних підприємств має вміст нафтопродуктів.

Висновки

Результати проведених досліджень свідчать, що в зоні діяльності авіаційного підприємства відбувається значне забруднення ґрунтового покриву, пов'язане з авіатранспортними процесами.



а



б

Порівняння фактичних (1) та розрахункових (2) показників токсичності проб ґрунту:

а – на поверхні;

б – на глибині 20 см

Аналізи показали перевищення гранично-допустимої концентрації за такими речовинами, як свинець в поверхневому ґрунті поблизу ЗПС в 2 рази, на відстані 100 м – в 1,1 рази, на відстані 1000 м – в 2,2 рази.

У ґрунті, взятому з глибини 20 см, кількість свинцю збільшилася в 1,7 рази біля ЗПС та на відстані 1000 м – в 1,4 рази.

Концентрація нафтопродуктів перевищує в 23–238 разів.

Математична обробка статистичних даних стану ґрунтового покриву в зоні впливу авіаційних підприємств показала, що 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 чинників.

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

Література

1. Ененков В.Г. Защита окружающей среды при авиатранспортных процессах. – 2-е изд. / В.Г.Ененков. – 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.; Kobylyansky, J.; Lutyj, S. 2004. Ecological aspect of use of hydrocarbon fuels. – Ecological chemistry and engineering. Vol. 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.

Стаття надійшла до редакції 08.07.2011.