

УДК 656.71:504.43/45(045)

Г.М. Франчук, д-р техн. наук
А.М. Антонов, канд. фіз.-мат. наук
С.М. Маджд
Я.В. Загоруй

МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗ ЗАБРУДНЕНОСТІ ҐРУНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОПОРТУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Кафедра екології НАУ, e-mail: yaryu-zag@yandex.ru

Наведено результати дослідження забрудненості ґрунтів на території аеропорту важкими металами. Математична обробка експериментальних даних дозволяє в режимі реального часу якісно оцінити екологічну ситуацію в зоні аеропорту.

Вступ

Зміна стану довкілля та забруднення біосфери зростає з кожним роком, і темпи цього зростання збільшуються. Одним із чинників процесу погіршення є антропогенний вплив на навколишнє середовище. З розвитком повітряного транспорту в результаті підвищення інтенсивності авіатранспортних перевезень, крім глобального забруднення навколишнього середовища, підсилюється негативна техногенна дія на довкілля зони аеропорту та прилеглих до нього територій.

Вплив виробничо-господарської діяльності аеропортів на стан ґрунтів, водойм і ґрунтових вод потребує детального вивчення, а також здійснення заходів для зниження забрудненості довкілля. Найбільш небезпечні важкі метали, потреба організмів у яких незначна чи цілком відсутня, тому їхній надлишковий уміст у природному середовищі призводить до негативних наслідків, особливо для агроценозів. Здійснення постійного спостереження (моніторингу) за станом навколишнього середовища, порівняння та оцінка відповідності концентрацій забруднювальних речовин встановленим вимогам дасть можливість визначити реальний стан зони аеропорту та прилеглих до нього територій на вміст важких металів. Актуальність теми досліджень зумовлена, з одного боку, відсутністю даних щодо впливу авіатранспортних процесів на стан ґрунтів, а з іншого боку – розташуванням аеропорту у межах міста, що не дає змоги витримувати нормативи санітарно-захисної зони.

Огляд літератури

В умовах інтенсифікації авіатранспортних процесів, широкого використання хімічних речовин для утримання аеродромів і техніки в ґрунті покриття аеродромів, заводів та інших підприємств цивільної авіації надходять у значних кількостях хімічні речовини.

Об'єкти цивільної авіації, що є забруднювачами водойм, одночасно забруднюють ґрунт.

Крім того, на ґрунт із повітряного басейну осідають відпрацьовані речовини, що містяться в газах літаків, спецавтотранспорту і котельень.

Дослідження, проведені в Україні та за кордоном, свідчать, що рівень забруднення ґрунтів в аеропортах і заводах досить високий. На 1 м² ґрунту приходить до 200–250 г органічних і неорганічних хімічних речовин штучного походження. Існують великі ділянки території аеропорту, піддані вітровій ерозії. Цьому процесу сприяє забруднення ґрунтів паливо-мастильними речовинами.

У районі аеропортів одним з поллютантів, який забруднює ґрунт, є свинець, що утворюється при згорянні автомобільного палива і надходить у ґрунт з атмосферного повітря.

У верхніх шарах ґрунту поблизу аеропортів концентрація свинцю становить близько 0,5 мг/кг і вище. Забруднення ґрунту свинцем у районі аеропорту є локальним, концентрація його знижується з віддаленням від джерела забруднення, а також залежить від класу аеропорту, рози вітрів і типу ландшафту.

На ґрунт осаджуються також незгорілі вуглеводні, у т. ч. канцерогенний бенз(α)пірен, що конденсуються на твердих частках сажі, газоподібні двоокис сірки, окисли азоту та інші компоненти вихлопних газів.

Джерелами аерозольного забруднення довкілля є котельні, у першу чергу ті, що працюють на вугіллі. Забруднювачі акумулюються у верхньому шарі ґрунту товщиною 5–10 см.

У процесі експлуатації авіапідприємств утворюються тверді відходи. За місцем утворення вони класифікуються на відходи виробництва, відходи споживання і тверді продукти очисних споруд. Відходи споживання – це колишні у вживанні вироби, матеріали, продукти.

До відходів виробництва належать відходи виробничих процесів авіапідприємства.

Тверді продукти, уловлені на очисних спорудах – це шлами, мул, опади [1].

У праці [2] викладено експериментальні методи досліджень аномалій важких металів у ґрунтах. У результаті здійснення ряду міжнародних екологічних програм виявилось збільшення ролі вторинних джерел забруднення і дифузійних процесів перерозподілу токсичних речовин у забрудненні навколишнього середовища.

На сьогодні міські території, а не тільки промислові підприємства самі по собі можуть бути істотними джерелами забруднення річок і водойм важкими металами через змивання останніх з міських вулиць і смітників водними потоками.

Таким чином, отримані результати підтверджують необхідність удосконалення методів аналізу стану ґрунтового покриву, що виконує важливі екранізуючі і депонуючі функції. Органічною частиною цієї задачі є виявлення форм входження в ґрунтові системи високотоксичних важких металів.

Негативний вплив важких металів на здоров'я людини визначається не тільки їх концентрацією в ґрунтах, але й формою перебування в ґрунтових комплексах. Тому необхідно комплексно оцінити стани ґрунтових субстратів в умовах техногенезу, що включає експресні оцінки ступеня насичення ґрунтів важкими металами, а також ступеня деградації бар'єрних (захисних) властивостей ґрунту.

Концептуальною основою був розгляд ґрунтового субстрату як системи селективних колекторів, поданих трьома основними типами органічно-мінеральних сполук: гумусом, глинами (глинистими алюмосилікатами) і оксидами, а також подібними взаємодіям гумусу з глинистими алюмосилікатами й оксидами.

Постановка завдання

Ураховуючи, що аеропорт, не винесений за межі міста, не має чітко встановленої санітарно-захисної зони, а в її межах знаходиться населений пункт, проблема забруднення ґрунтів потребує проведення екологічних досліджень.

Для вирішення цієї проблеми актуальним є питання визначення реального стану забруднення ґрунтів на території, прилеглої до аеропорту.

Розв'язання проблеми охорони ґрунтів від забруднень має свої відмінні риси порівняно з проблемою охорони від забруднень атмосфери чи гідросфери. Це пов'язано переважно з особливостями ґрунту як природного середовища:

– ґрунт є малорухомих середовищем, тому міграція забруднень у ньому відбувається набагато повільніше, ніж в атмосфері чи у воді;

– у ґрунті відбувається нагромадження забруднювальних речовин [3; 4].

Відповідно до завдань були відібрані проби ґрунтів у зоні аеропорту на вміст важких металів та проведені математичні розрахунки для виявлення реального забруднення та для можливості його оцінки.

Наявність металів визначалася з використанням методу атомної абсорбції.

Атомно-абсорбційна спектроскопія – метод кількісного елементного аналізу за атомними спектрами поглинання (абсорбції).

Через шар атомних парів проби, отриманих за допомогою атомізатора, пропускають випромінювання в діапазоні 190–850 нм.

Унаслідок поглинання квантів світла атоми переходять у збуджені енергетичні стани. Цим переходам в атомних спектрах відповідають так звані резонансні лінії, характерні для даного елемента.

За законом Бугера–Ламберта–Бера, мірою концентрації елемента служить оптична густина

$$D = \lg (J_0/J),$$

де J_0 , J – інтенсивність випромінювання від джерела до і після проходження крізь поглинальний шар відповідно.

Переведення аналізованого об'єкта в атомізований стан здійснюється в атомізаторі – в полум'ї або трубчастій печі. Часто використовують полум'я сумішей ацетилену з повітрям ($t = 2000$ °C).

Джерелом випромінювання служить лампа з порожнистим катодом, заповнена неонам.

Межі виявлення більшості елементів у розчинах: 1–100 мкг/л, якщо атомізація в полум'ї;

0,1–100 мкг/л, якщо атомізація в графітовій печі.

Точність вимірювань – від 0,2 до 1,0 %.

В автоматичному режимі полум'яний спектрометр дозволяє аналізувати близько 500 проб за 1 год, а спектрометр із графітовою піччю – до 30 проб.

Під час контролю забруднення природних об'єктів важкими металами, а також для вивчення їхнього поведіння в ґрунтах і рослинах атомно-абсорбційний метод став практично основним у цих дослідженнях. Він дозволяє порівняно просто визначати, використовуючи як пальне ацетилен чи пропан.

Таким способом визначають вміст елементів:

Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg, As, Se.

Однак ним не можна визначити основні біогенні елементи – N, P, S та ін. [3]

Чутливість прямого визначення в ґрунтах і особливо в рослинах ряду елементів ще недостатня, тому необхідно використовувати спеціальні прийоми концентрування металів в аналізованому розчині.

Дослідження забрудненості ґрунтів у зоні аеропорту важкими металами

У вересні 2003 р. було відібрано проби ґрунту в зоні аеропорту на різній відстані від злітно-посадкової смуги (ЗПС):

- 0 м;
- 20 м;
- 100 м;
- 250 м;
- 500 м;
- 1000 м.

Для відбору проб був використаний метод квадрату.

Проби є об'єднані з п'яти індивідуальних проб, взятих з однієї пробної площадки.

Маса об'єднаної проби була не менше 1 кг.

Контрольні (фонові) проби ґрунту було відібрано в парку з відсутністю техногенного забруднення.

З урахуванням вологості проби мінералізували сумішшю кислот для визначення вмісту важких металів на атомно-абсорбційному спектрометрі.

Результати наведено в таблиці. Результати, одержані в процесі дослідження, для прогнозу екологічного стану ґрунтів у режимі реального часу,

були оброблені за допомогою ліній тренду, які дозволяють графічно відображати тенденції даних і прогнозувати їхні подальші зміни.

Подібний аналіз називається також регресійним аналізом, який дозволяє оцінити ступінь зв'язку між змінними, пропонуючи механізм обчислення значення змінної, яке передбачається, із кількох уже відомих значень.

Використовуючи регресійний аналіз, можна продовжити лінію тренду в діаграмі за межі реальних даних для прогнозування майбутніх значень [5; 6].

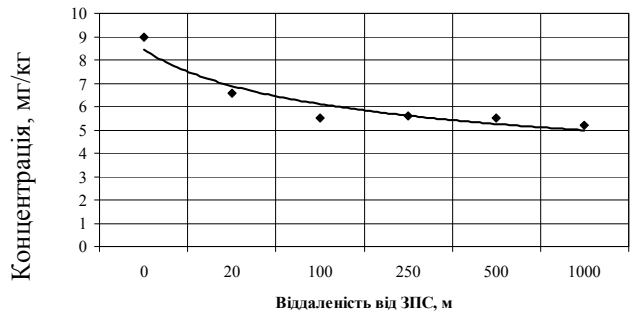
На підставі виконаних досліджень отримано результати, відображені на рисунку.

Із рисунку видно, що експериментальні результати з достатньою точністю узгоджуються з даними розрахунків, що дає змогу якісно прогнозувати екологічний стан ґрунтів у режимі реального часу.

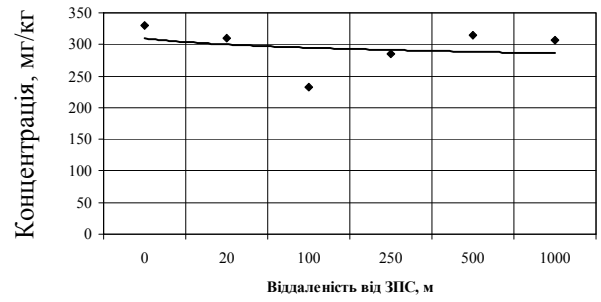
Певне відхилення між експериментальними і розрахунковими даними пояснюється недостатньою кількістю відібраних проб та недосконалістю комп'ютерної програми, яка не може врахувати особливості та склад компонентів довкілля, а також метеорологічну обстановку.

Результати відбору проб ґрунту на вміст важких металів на території, прилеглої до аеропорту

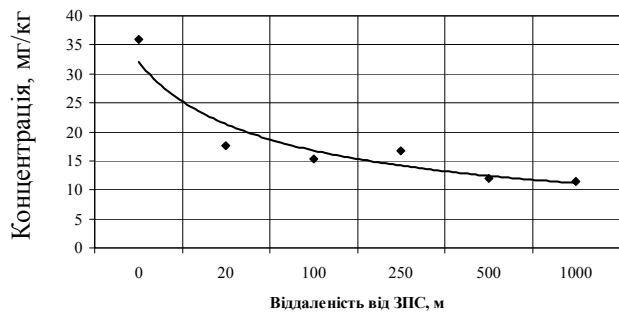
Відстань від ЗПС	Глибина відбору проб	Номер проби	рН	Уміст важких металів, мг/кг						
				Mn	Fe ⁺³	Zn	Cu	Pb	Ni	Cr ⁺⁶
0	Поверхня	1	6,9	330	216	36	9	35	3,5	0,8
	20 см	2	7	300	–	30	7,8	31	2,9	0,3
20	Поверхня	3	6,9	310,3	198	17,7	6,6	12,9	0,4	0,3
	20 см	4	7,1	283	–	11,6	6,1	10,7	0,3	0,1
100	Поверхня	5	6,9	233	186	15,3	5,5	8,8	0,3	0,01
	20 см	6	7	230	–	15	5,1	8,9	0,1	0,01
250	Поверхня	7	7	285	180	16,8	5,6	9,1	0,1	0,01
	20 см	8	7	280,2	–	15,4	4,9	8,5	0,1	0,007
500	Поверхня	9	6,8	314,5	190	12	5,5	12,5	0,1	0,01
	20 см	10	6,9	282,5	–	8,3	4,8	15,5	0,1	0,01
1000	Поверхня	11	7,2	306	230	11,5	5,2	11,5	0,1	0,008
	20 см	12	7,2	290	–	10,5	4,3	11,1	–	0,005
Фон	Поверхня	К	7,4	230	26	1,1	1,5	2,6	–	–
	20 см	К	7,5	216	–	0,8	1	2,1	–	–
Граничнодопустимі концентрації				1500	Не нормовано	23	3	32	4	6



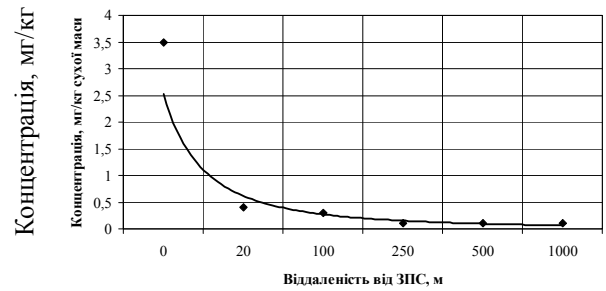
a



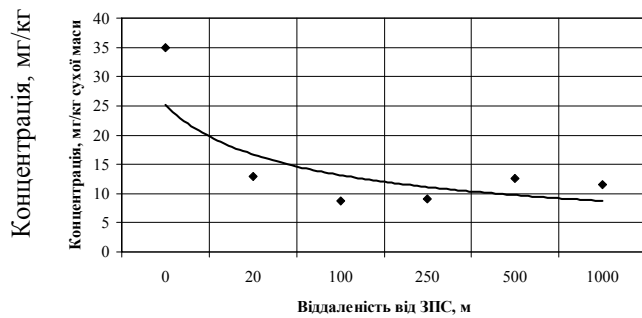
б



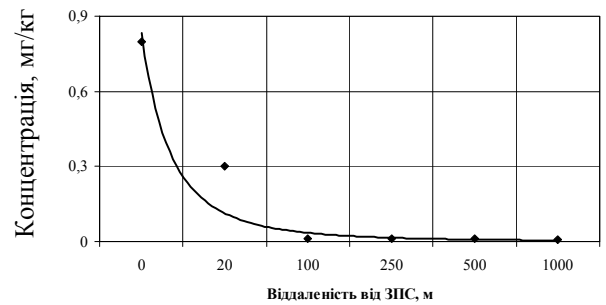
в



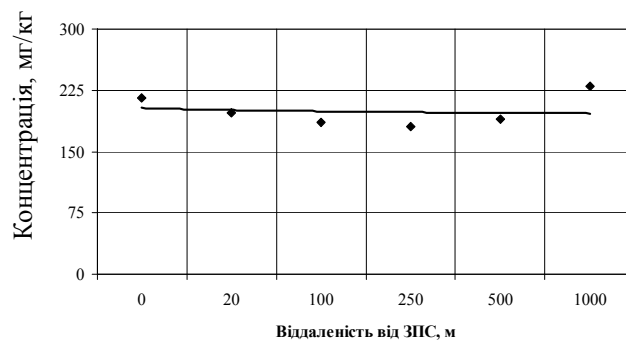
г



д



е



є

Відбір проб ґрунтів у зоні аеропорту:

◆ – результати відбору проб;

– розрахункові дані;

a – для міді ($y = 8,4502 \cdot x^{-0,2949}$); *б* – для мангану ($y = 309,05 \cdot x^{-0,0435}$); *в* – для цинку ($y = 32,075 \cdot x^{-0,589}$); *г* – для нікелю ($y = 2,5331 \cdot x^{-2,0294}$); *д* – для свинцю ($y = 25,098 \cdot x^{-0,5887}$); *е* – для хрому ($y = 0,8332 \cdot x^{-2,8842}$); *є* – для заліза ($y = 203,29 \cdot x^{-0,0183}$)

Висновки

Пік забруднення припадає на перші 100 м від джерела забруднення, після чого воно плавно зменшується. Ситуація з манганом, цинком, свинцем, нікелем і хромом задовільна. При мінімальній відстані від джерела забруднення вона не перевищує граничнодопустимі концентрації [7].

Висока концентрація міді значно перевищує граничнодопустиму.

Таким чином головним забруднювачем ґрунтів у зоні аеропорту є такий важкий метал, як мідь. Ситуація з іншими важкими металами задовільна.

Підвищені концентрації важких металів у ґрунтах на території, прилеглий до аеропорту, є загрозою в зв'язку з тим, що проводиться вимивання важких металів у підземні води. На відстані кількох кілометрів від аеропорту знаходиться населений пункт, мешканці якого використовують для господарських і санітарних потреб забруднену воду з колодязів, а також забруднені важкими металами землі для сільськогосподарських потреб.

Математичній обробці були піддані лише результати відбору проб на поверхні ґрунту.

Література

1. Максимов В.С. Средства и методы снижения неблагоприятного воздействия авиации на окружающую среду при авиатранспортных процессах. – К.: Наука, 1985. – 108 с.
2. Комплексная эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей природной среды / Под ред. Э.К. Буренко. – М.: ПРИМА-ПРЕСС, 1997. – 72 с.
3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Ленинград: ЛВО “Агропромиздат”, 1987. – 326 с.
4. Tyler Germund. A method for surveying heavy metal deposition // Proc. 2nd Lutern Clean Air Congr. – Washington, Dc. – 1970. – P. 82–84.
5. Згуровский М.З., Скопецкий В.В., Хрущ В.К., Беляев Н.И. Численное моделирование распространения загрязнений в окружающей среде. – К.: Наук. думка, 2000. – 369 с.
6. Герасименко С.С., Головач А.В., Єриня А.М. Статистика. – К.: КНЕУ, 1998. – 468 с.
7. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Затв. Постановою Головл. сан. лікаря України. 01.07.99, № 29. – К.: МОЗ України, 1999. – 27 с.

Стаття надійшла до редакції 07.07.05.

Г.М. Франчук, А.М. Антонов, С.М. Маджд, Я.В. Загоруй

Моделирование и прогноз загрязнения почв на территории аэропорта тяжелыми металлами

Приведены результаты исследования загрязненности почв на территории аэропорта тяжелыми металлами. Математическая обработка экспериментальных данных разрешает в режиме реального времени качественно оценить экологическую ситуацию в зоне аэропорта.

G.M. Franchuk, A.M. Antonov, S.M. Madzhd, Ya.V. Zagoruy

Modelling and prognosis of grounds pollution on the territory of airport

In the article the results of research of grounds pollution in territory of airport by heavy metals are resulted. Experimental data are exposed to mathematical processing which allows to estimate qualitatively in a mode of real time the ecological situation of the airport zone.