

УДК 631.514

Г. В. Горячев, к. т. н., доц.; М. А. Гаврилюк

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ЗА МЕТОДИКОЮ ОНД-86

Проаналізовано основні проблеми моделювання за методикою ОНД-86 з використанням ГІС. Розроблено математичну модель переведення системи координат, що використовується в методиці, до географічних координат місцевості. Розроблено програмний інструментарій ГІС для моделювання поширення забруднюючих речовин у атмосферному повітрі.

Ключові слова: моделювання, методика ОНД-86, ГІС, математична модель, система координат, забруднюючі речовини, атмосферне повітря.

Збільшення використання ГІС-технологій в галузі моніторингу довкілля зумовлено можливістю проводити просторовий аналіз даних з допомогою потужного інструментарію, який входить до складу більшості сучасних ГІС [1]. Найвний програмний інструментарій (наприклад, «Эол 2000» <http://www.sfund.kiev.ua/rus/products/ecology.htm>, «РОСА-Воздух» <http://www.ecolida.ru/vozduh.html> або УПРЗА «ЭКОЛОГ» <http://www.atmosfera-npk.ru/page6.htm> та інші) для розрахунків приземних концентрацій забруднюючих речовин (ЗР) без використання ГІС переважно обмежений графічним зображенням плану місцевості з обмеженими можливостями просторового аналізу. Водночас використання ГІС для моделювання поширення ЗР значною мірою обмежене невеликою кількістю математичних методів моделювання та обробки даних, адаптованих до використання в ГІС [1, 2]. Так, єдина чинна в Україні й країнах СНД методика моделювання поширення ЗР "ОНД-86" [3] для використання в ГІС потребує доопрацювання з позицій зміни систем координат під час розрахунку полів концентрацій від викидів групи джерел.

Метою цієї роботи є адаптація чинної методики (ОНД-86) для використання в ГІС. Робота полягає у розв'язанні таких задач: розробити математичну модель переведення системи координат, що використовується в методиці ОНД-86, до географічних координат місцевості; розробити програмний інструментарій ГІС для моделювання поширення забруднюючих речовин у атмосферному повітрі.

Математична модель. Для розрахунку приземних концентрацій ЗР використовується Декартова система координат, в якій початок координат збігається з координатами джерел викидів. А оскільки факел викиду одного джерела викидів (ДВ) може збігатися з факелом іншого ДВ, то постає завдання створення математичної моделі переведення із системи координат методики ОНД-86 [3] до географічних координат ГІС для здійснення розрахунку за точками сітки в географічній системі координат.

Розрахунок приземних концентрацій ЗР викидів стаціонарних джерел ведеться в напрямку вітру, і значення концентрацій можуть бути визначені тільки при значеннях $x' > 0$. Отже, приведення координат методики до географічних координат і у зворотному напрямку потребує врахування напрямку вітру, за винятком тих точок для певного ДВ, які не потрапили під факел викиду (наприклад, точка А на рис. 1 не потрапляє під дію ЗР від ДВ2). Сумарний вплив викидів ЗР кожного джерела в будь-якій точці місцевості визначається алгебраїчною сумою концентрацій, розрахованих у цій точці від викидів кожного джерела (1) або іншими співвідношеннями методики [3]:

$$c = \sum_{i=1}^N c_i, \quad (1)$$

де c_i – концентрація ЗР від викидів i -го ДВ у даній точці, N – кількість ДВ.

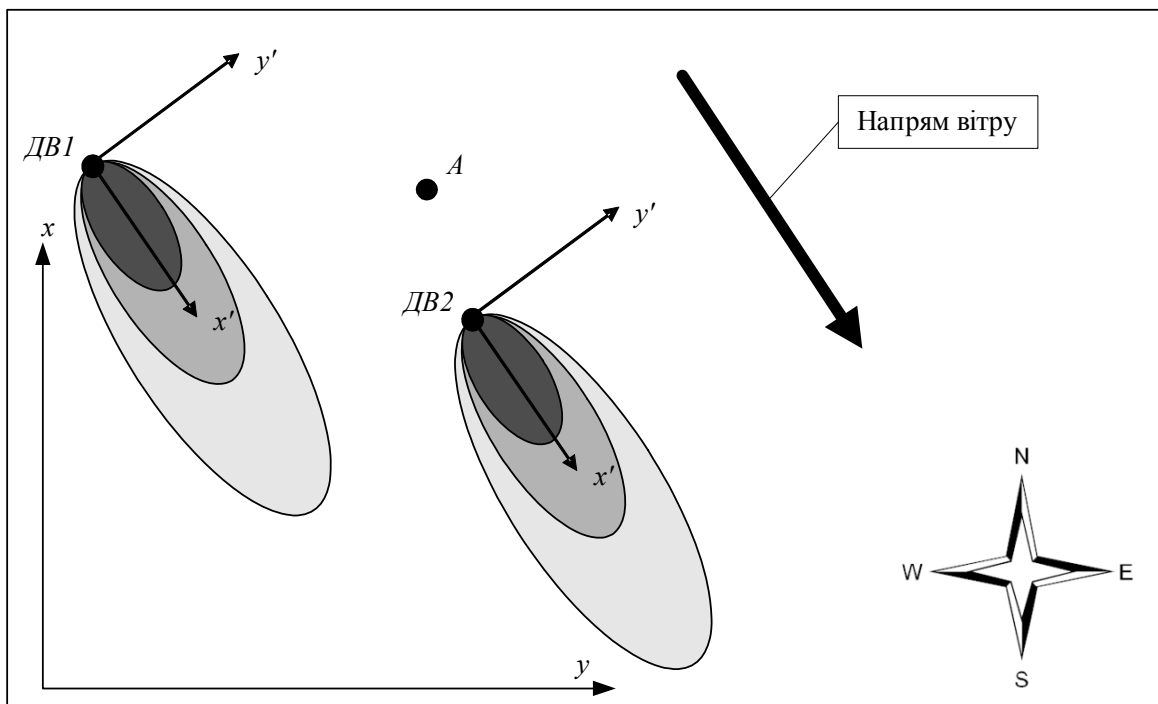


Рис. 1. Схема карти місцевості із системами координат за методикою ОНД-86 (напрямок осі x' факелу викиду збігається із напрямком вітру);
 ДВ1, ДВ2 – джерела викидів; x', y' – осі системи координат за методикою ОНД-86

Вихідні передумови:

1. Сумарні значення концентрацій ЗР визначаються за виразом (1), але від взаємного розташування ДВ залежить алгоритм розрахунку сумарної концентрації.
2. Напрямок осі x (факелу викидів) збігається із напрямком вітру.

Загальний підхід до побудови тематичної карти розсіювання ЗР від викидів стаціонарних джерел такий:

1. Задати координатну сітку для визначення концентрацій ЗР із визначеним кроком;
2. Для кожної точки сітки визначити координати в системі координат $x'y'$ (див. рис. 1);
3. Для кожної точки сітки розрахувати згідно методики [3] сумарну концентрацію за виразом (1).

Оскільки кількість ДВ загалом може бути N , то приведення географічних координат до системи координат методики ОНД-86 буде здійснюватися для кожного з них.

Координати точки, у якій здійснюється розрахунок концентрації ЗР загалом мають координати x'_A та y'_A в системі координат методики ($x'y'$) і x_A та y_A в географічній системі координат (x, y). Для здійснення розрахунку також необхідні координати ДВ ($x_{ДВ}$ та $y_{ДВ}$). Виходячи з наведених передумов загалом координати довільної точки сітки для методики ОНД-86 будуть визначатись із співвідношень (2) – (4) (рис. 2).

$$\beta = \begin{cases} \arctg \frac{y_A - y_{ДВ}}{x_A - x_{ДВ}} & \text{при } (x_A > x_{ДВ}) \cap (y_A > y_{ДВ}) \\ 180^\circ + \arctg \frac{y_A - y_{ДВ}}{x_A - x_{ДВ}} & \text{при } (x_A < x_{ДВ}) \cap (y_A < y_{ДВ}) \\ 360^\circ - \arctg \frac{y_A - y_{ДВ}}{x_A - x_{ДВ}} & \text{при } (x_A > x_{ДВ}) \cap (y_A < y_{ДВ}) \\ 180^\circ - \arctg \frac{y_A - y_{ДВ}}{x_A - x_{ДВ}} & \text{при } (x_A < x_{ДВ}) \cap (y_A > y_{ДВ}) \end{cases}, \quad (2)$$

$$x'_A = \sqrt{(x_A - x_{ДВ})^2 + (y_A - y_{ДВ})^2} \cos(\beta - \alpha), \quad (3)$$

$$y'_A = \sqrt{(x_A - x_{ДВ})^2 + (y_A - y_{ДВ})^2} \sin(\beta - \alpha). \quad (4)$$

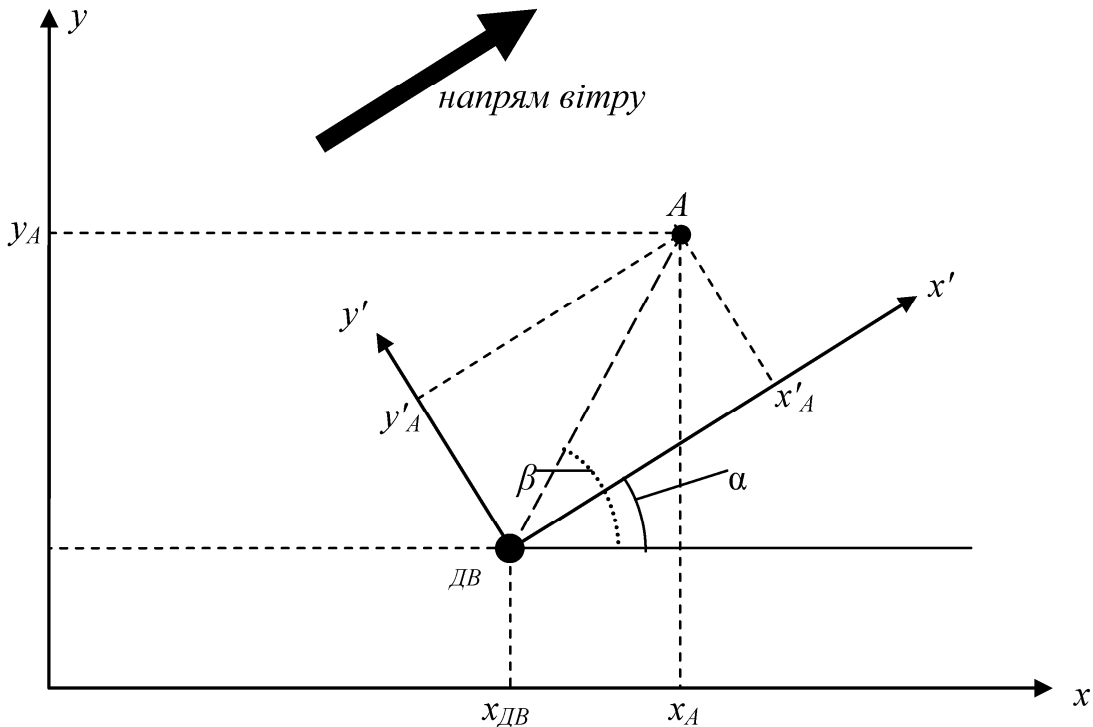


Рис. 2. Схема переведення координат для розрахунку приземних концентрацій ЗР за методикою ОНД-86

Отже, розроблена модель приведення координат методики до географічних координат і у зворотному напрямку дозволяє використовувати діючі методики в ГІС. Під час розробки пакету програм для розрахунку за методикою ОНД-86 була використана мова програмування Visual Basic for Application на базі ГІС ArcGis 9.1 (ArcMap, 3D-Analyst). Розроблений пакет програм для розрахунку за методикою ОНД-86 як надбудова ГІС дозволяє обчислити приземні концентрації ЗР на заданій території для багатьох джерел забруднення з урахуванням швидкості й напрямку вітру. При цьому вхідні дані для розрахунку автоматично експортуються в програму із зовнішньої бази даних за результатом SQL-запиту. Результат моделювання можна представити у вигляді полів концентрацій, які відображаються на карті

місцевості градуванням кольором (рис. 3).

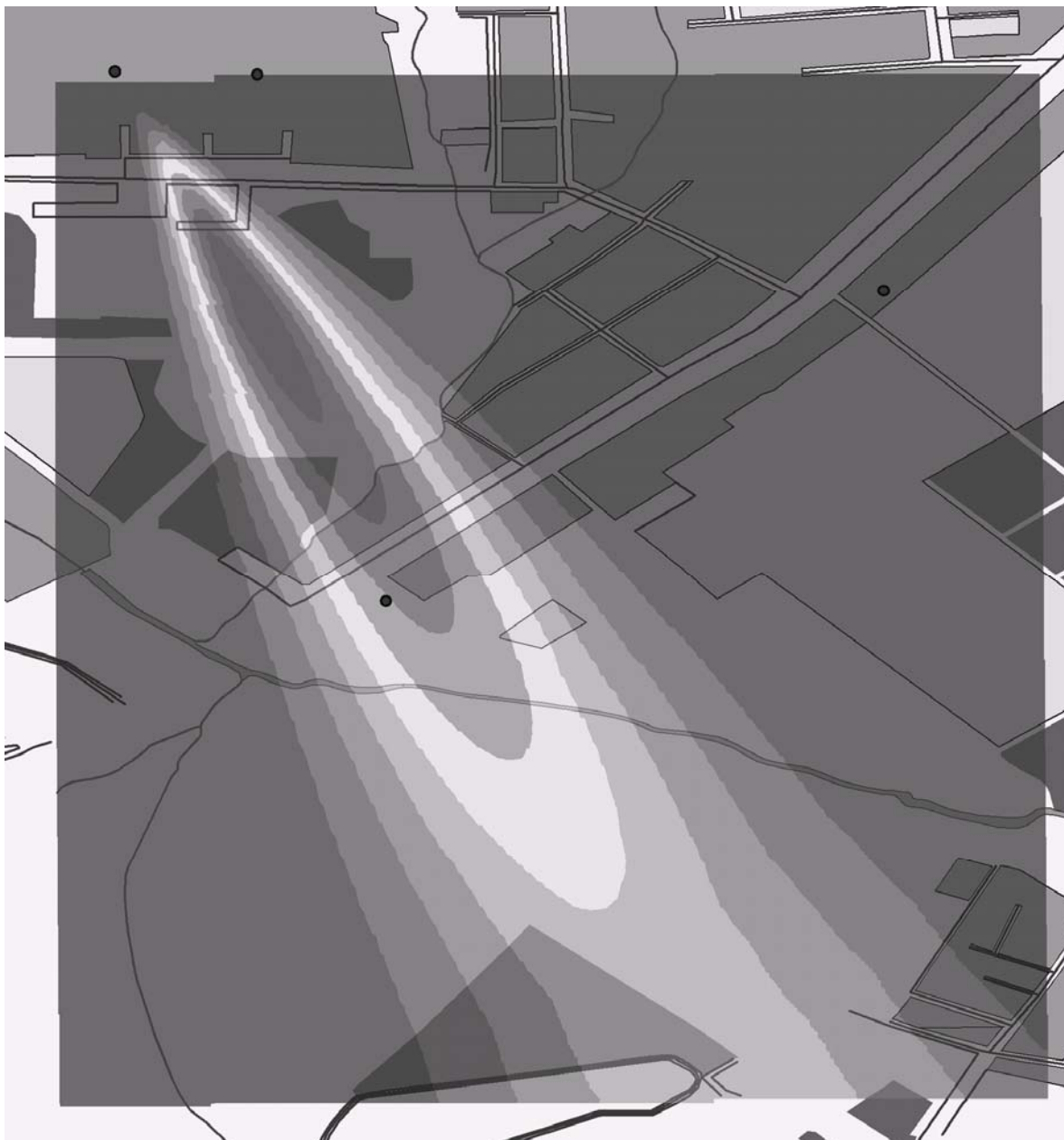


Рис. 3. Результат моделювання поширення ЗР

Висновки. Запропонований підхід до моделювання поширення ЗР у приземному шарі атмосфери дозволив адаптувати офіційно діючу методику ОНД-86 для використання в ГІС. Розроблену модель проведення розрахунків і їх візуалізації можна використовувати для вирішення завдань управління якістю атмосферного повітря за іншими методиками і моделями розповсюдження ЗР. Отже, розроблений пакет програм для розрахунку за методикою ОНД-86 може бути використаний в установах і організаціях (наприклад, МНС) після адаптації до визначених цілей розрахунку. У цілому в роботі практично підтверджено, що розрахунки приземних концентрацій ЗР з використанням ГІС дозволяють комплексно оцінити вплив багатьох джерел викидів на довкілля з метою прийняття рішень і контролю в галузі охорони атмосферного повітря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Світличний О. О. Основи геоінформатики: [навчальний посібник] / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с. ISBN 966-680-234-1
2. Замай С. С., Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города: [учеб. пособие] / С. С. Замай, О. Э. Якубайлик. – Красноярск: Краснояр. гос. ун-т., 1998. – 109 с. ISBN 5-02-031532-X
3. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 / Под ред. М. Е Берлянда. – Л.: Гидрометеодат, 1987. – 94 с.

Горячев Георгій Володимирович – к. т. н., доцент, доцент кафедри моделювання та моніторингу складних систем, e-mail: gorgeorg@yandex.ru тел.: (0432)- 598477.

Гаврилюк Марина Анатоліївна – інженер кафедри хімії та хімічної технології, тел.: (0432)-598495.

Вінницький національний технічний університет.