

УДК 004.942

*Бондарчук М. Ю., здобувач,  
Горобець С.М., к.пед.н., доцент  
Житомирський державний університет імені Івана Франка*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ**

Атмосферне повітря в промислових регіонах України зазнає значного антропогенного навантаження через викиди підприємств і транспорту [4]. Моделювання розповсюдження забруднюючих речовин є важливим для прогнозування концентрацій та оцінки їх впливу на довкілля. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація математичної моделі розповсюдження забруднювачів в атмосфері.

Для моделювання концентрації забруднюючої речовини у шлейфі обрано Гаусову модель (Gaussian plume model), яка широко застосовується для викидів з точкових джерел на локальних масштабах [2, 3]. Моделювання базується на припущенні нормального розподілу концентрації під час горизонтального перенесення повітряних мас (адвекції) та турбулентної дифузії шарів повітря.

Основне рівняння для розрахунку концентрації забруднюючої речовини  $C(x, y, z)$  на висоті  $z$ , відстані по напрямку вітру (вісь  $x$ ) та поперечному відхиленні (вісь  $y$ ) [4]:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left[ e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right] \quad (1)$$

де  $Q$  – потужність викиду;  $u$  – швидкість вітру;  $\sigma_y, \sigma_z$  – коефіцієнти розсіювання, що залежать від відстані та класу стійкості атмосфери;  $H$  – висота джерела забруднення над поверхнею ґрунту.

Модель реалізовано за допомогою мови Python із використанням бібліотек NumPy та Matplotlib. Обчислено коефіцієнти розсіювання  $\sigma_y$  та  $\sigma_z$  залежно від відстані, після чого виконано чисельний розрахунок приземної концентрації ( $z = 0$ ) на двовимірній сітці координат із урахуванням проєкції шлейфу на поверхню ґрунту.

Результати моделювання представлено у вигляді двовимірної карти розподілу приземної концентрації забруднювача від джерела, розташованого на заданій висоті. Це дозволяє оцінити просторову структуру поширення забруднення на рівні ґрунту (рис. 1).

Для моделювання використано параметри:  $Q = 50$  г/с,  $u = 4$  м/с,  $H = 30$  м. Координати в межах 1000 м по вісі  $x$  та  $\pm 200$  м по вісі  $y$ .

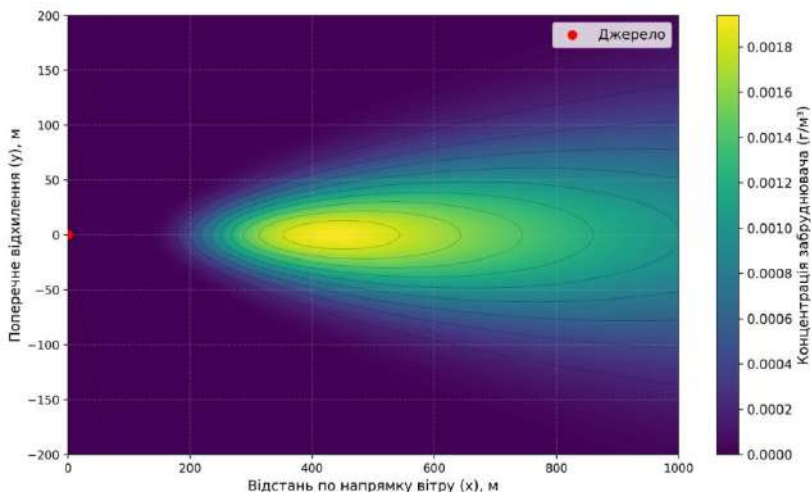


Рис. 1. Карта моделювання розподілу концентрації забруднюючої речовини в атмосферному повітрі на рівні ґрунту ( $Q = 50$  г/с,  $u = 4$  м/с,  $H = 30$  м)

Отже, нами розглянуто застосування математичної моделі оцінки розподілу приземної концентрації забруднювача. Розрахунки проведені з використанням бібліотек NumPy та Matplotlib мови Python. Побудована карта розподілу концентрації забруднюючої речовини демонструє характер поширення та області підвищеного забруднення. Отримані результати можуть бути використані для попередньої оцінки впливу промислових викидів на якість повітря.

#### Список використаних джерел:

1. Air Quality in Europe – 2023 Report / European Environment Agency. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2023. 18 с.
2. Seinfeld J. H., Pandis S. N. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 3rd ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2016. 1051 с.
3. Air Dispersion Modelling Guidance Note (AG4) / Environmental Protection Agency. Dublin : EPA, 2020. 80 с.
4. Holnicki P., Nahorski Z., Kałuszko A. Air Quality Modeling in Urban Regions. Cham : Springer, 2017. 348 с.