

УДК 631.514

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПО МЕТОДИКЕ ОНД-86

Проанализированы основные проблемы моделирования по методике ОНД-86 с использованием ГИС. Разработана математическая модель преобразования системы координат, используемых в методике, к географическим координатам местности. Разработан программный инструментальный ГИС для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Ключевые слова: моделирование, методика ОНД-86, ГИС, математическая модель, система координат, загрязняющие вещества, атмосферный воздух.

Увеличение использования ГИС-технологий в области мониторинга окружающей среды обусловлено возможностью проводить пространственный анализ данных с помощью мощного инструментария, который входит в состав большинства современных ГИС [1]. Существующий программный инструментарий (например, «Эол 2000» <http://www.sfund.kiev.ua/rus/products/ecology.htm>, «РОСА-Воздух» <http://www.ecolida.ru/ozduh.html> или УПРЗА «ЭКОЛОГ» <http://www.atmosfera-npk.ru/page6.htm> и прочие) для расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) без использования ГИС в большинстве случаев ограничен графическим изображением плана местности с ограниченными возможностями пространственного анализа. В то же время использование ГИС для моделирования распространения ЗВ в значительной степени ограничено небольшим количеством математических методов моделирования и обработки данных, адаптированных к использованию в ГИС [1, 2]. Так, единственная действующая в Украине и странах СНГ методика моделирования распространения ЗВ "ОНД-86" [3] для использования в ГИС нуждается в доработке с позиций смены систем координат при расчете полей концентраций от выбросов группы источников.

Целью данной работы является адаптация действующей методики (ОНД-86) для использования в ГИС. Работа заключается в решении таких задач: разработать математическую модель перевода системы координат, используемую в методике ОНД-86, к географическим координатам местности; разработать программный инструментальный ГИС для моделирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Математическая модель. Для расчета приземных концентраций ЗВ используется Декартова система координат, в которой начало координат совпадает с координатами источников выбросов. А поскольку факел выброса одного источника выбросов (ИВ) может совпасть с факелом другого ИВ, то возникает задача создания математической модели перевода из системы координат методики ОНД-86 [3] к географическим координатам ГИС для осуществления расчета по точкам сетки в географической системе координат.

Расчет приземных концентраций ЗВ выбросов стационарных источников ведётся в направлении ветра, и значения концентраций могут быть определены только при значениях $x' > 0$. Таким образом, приведения координат методики к географическим координатам и в обратном направлении нуждается в учете направления ветра, за исключением тех точек для данного ИВ, которые не попали под факел выброса (например, точка А на рис. 1 не подпадает под действие ЗВ от ИВ2). Суммарное влияние выбросов ЗВ каждого источника в любой точке местности определяется алгебраической суммой концентраций, рассчитанных в этой точке от выбросов каждого источника (1) или другими соотношениями методики [3]:

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

где c_i – концентрация ЗВ от выбросов i -го ИВ в данной точке,
 N – количество ИВ.

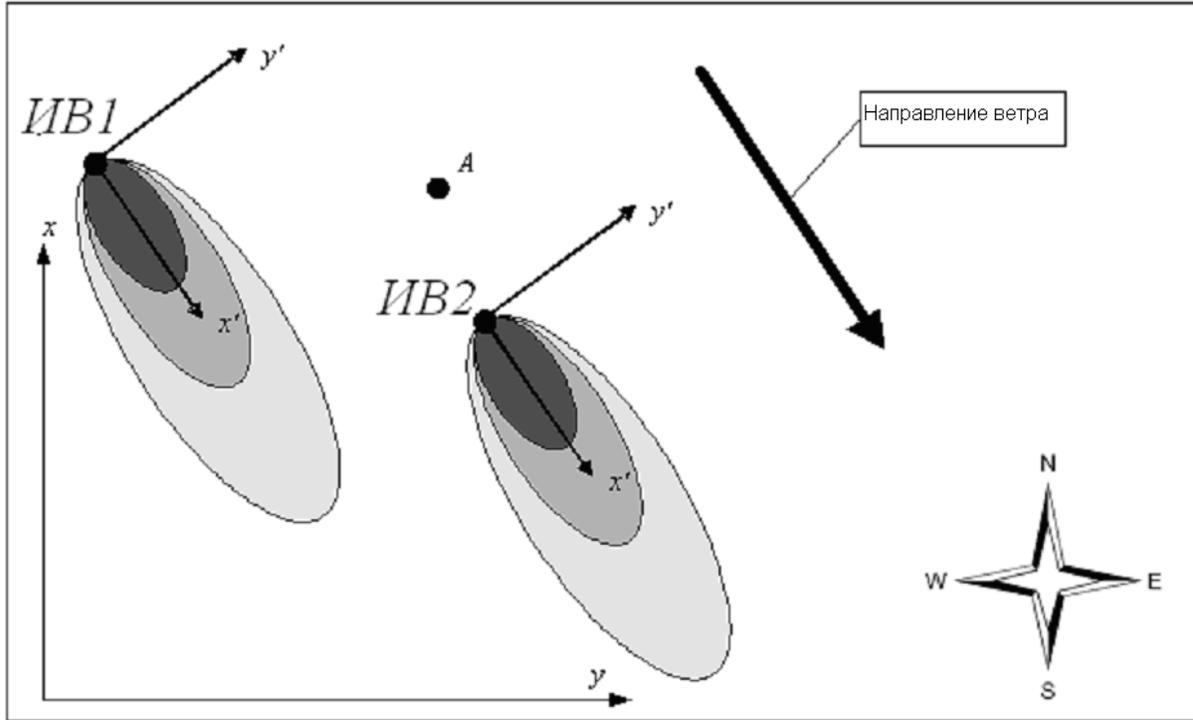


Рис. 1. Схема карты местности с системами координат по методике ОНД-86 (направление оси x' факела выброса совпадает с направлением ветра);
 ИВ1, ИВ2 – источники выбросов; x', y' – оси системы координат по методике ОНД-86

Исходные предпосылки:

1. Суммарные значения концентраций ЗВ определяются по выражению (1), но от взаимного расположения ИВ зависит алгоритм расчета суммарной концентрации.
2. Направление оси x (факела выбросов) совпадает с направлением ветра.

Общий подход к построению тематической карты рассеяния ЗВ от выбросов стационарных источников такой:

1. Задать координатную сетку для определения концентраций ЗВ с определенным шагом;
2. Для каждой точки сетки определить координаты в системе координат $x'y'$ (см. рис. 1);
3. Для каждой точки сетки рассчитать согласно методике [3] суммарную концентрацию по выражению (1).

Поскольку количество ИВ, в общем случае, может быть N , то приведение географических координат к системе координат методики ОНД-86 будет осуществляться для каждого из них.

Координаты точки, в которой осуществляется расчет концентрации ЗВ, в общем случае, имеют координаты x'_A и y'_A в системе координат методики ($x'y'$) и x_A и y_A в географической системе координат (x, y). Для осуществления расчета также необходимы координаты ИВ ($x_{ИВ}$ и $y_{ИВ}$). Исходя из приведенных предпосылок, в общем виде координаты произвольной точки сетки для методики ОНД-86 будут определяться из соотношений (2) – (4) (рис. 2).

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

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

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

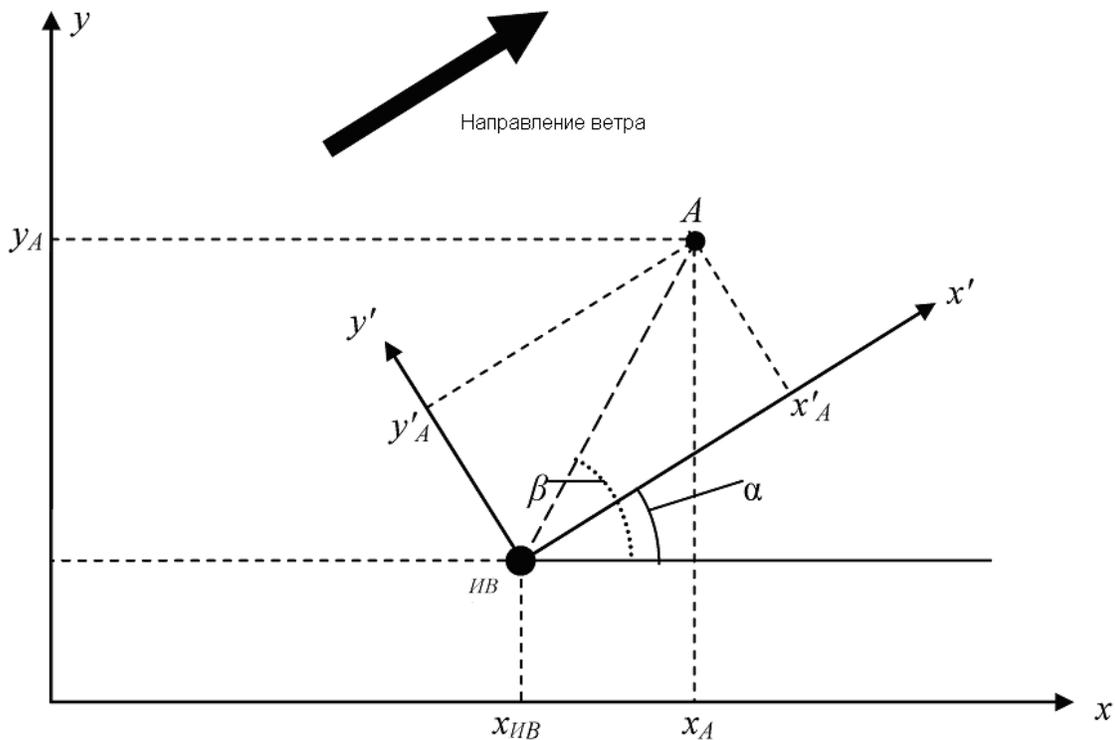


Рис. 2. Схема перевода координат для расчета приземных концентраций ЗВ по методике ОНД-86

Таким образом, разработанная модель приведения координат методики к географическим координатам и в обратном направлении позволяет использовать действующие методики в ГИС. При разработке пакета программ для расчета по методике ОНД-86 был использован язык программирования Visual Basic for Application на базе ГИС ArcGis 9.1 (ArcMap, 3D-Analyst). Разработанный пакет программ для расчета по методике ОНД-86, как надстройка ГИС позволяет вычислить приземные концентрации ЗВ на заданной территории для многих источников загрязнения с учетом скорости и направления ветра. При этом входные данные для расчета автоматически экспортируются в программу из внешней базы данных по результатам SQL-запроса. Результат моделирования можно представить в виде полей концентраций, которые отображаются на карте местности цветовой заливкой (рис. 3).

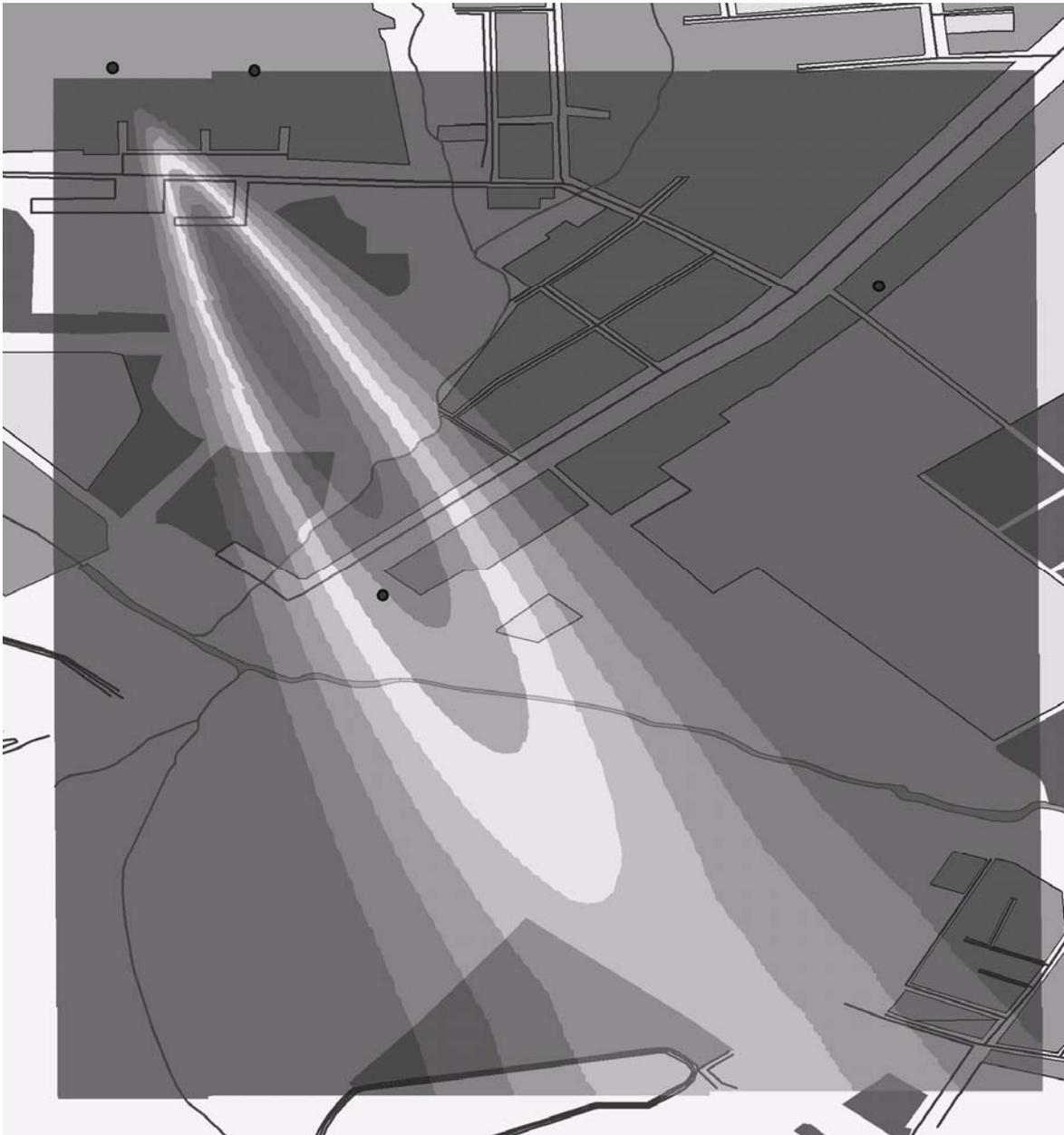


Рис. 3. Результат моделирования распространения ЗВ

Выводы. Предложенный подход к моделированию распространения ЗВ в приземном слое атмосферы позволил адаптировать официально действующую методику ОНД-86 для использования в ГИС. Разработанную модель проведения расчетов и их визуализации можно использовать для решения задач управления качеством атмосферного воздуха по другим методикам и моделям распространения ЗВ. Таким образом, разработанный пакет программ для расчета по методике ОНД-86 может быть использован в учреждениях и организациях (например, МЧС) после адаптации к определенным целям расчета. В целом в работе подтверждено практически, что расчеты приземных концентраций ЗВ с использованием ГИС позволяют комплексно оценить влияние многих источников выбросов на окружающую среду с целью принятия решений и контроля в области охраны атмосферного воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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 Георгий Владимирович – к. т. н., доцент кафедры моделирования и мониторинга сложных систем, e-mail: gorgeorg@yandex.ru тел.: (0432)- 598477.

Гаврилюк Марина Анатольевна – инженер кафедры химии и химической технологии, тел.: (0432)-598495.

Винницкий национальный технический университет.