

**УДК 504.3.054: 004.358**

## **ЗАДАЧА ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Метешкин К.А., Кутицкая Е.С.*

*Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков, Украина  
E-mail: helenkutitskaya@gmail.com*

Анализируется возможность построения модели загрязнения окружающей среды промышленным предприятием с использованием геоинформационных технологий. Ставится задача разработки ГИС-приложения

**Ключевые слова:** окружающая среда, загрязнение, выбросы, промышленное предприятие, источники загрязнения, моделирование, геоданные, геоинформационные системы, геоинформационный анализ

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в условиях городской среды, особенно крупных промышленных центров, значительно повышен уровень загрязнения атмосферного воздуха. Основными стационарными источниками загрязнения воздуха являются промышленные предприятия. Выбросы загрязняющих веществ являются одним из наиболее важных факторов, оказывающих влияние на качество жизни населения. В связи с этим к качеству атмосферного воздуха предъявляются чрезвычайно высокие требования. На основе нормативной базы Украины каждое промышленное предприятие должно осуществлять экологический мониторинг [1, 2, 3]. Для эффективного ведения экологического мониторинга промышленного предприятия целесообразно использовать геоинформационные системы (ГИС). Так как ведение экологического мониторинга предусматривает сбор множества разнородных данных, то информационную составляющую мониторинга может составить специально разработанная ГИС. Возможности современного программного обеспечения геоинформационных систем, например ArcGIS, позволяют создавать базы данных для хранения большого количества геоданных, так например данные об экологическом состоянии окружающей среды. Кроме того, концепция построения специальных ГИС предполагает осуществление ГИС-анализа, а также построение наглядных моделей в виде схем, чертежей, карт, диаграмм и т.д.

Целью данной работы является разработка предложений по созданию геоинформационного приложения, обеспечивающего информационную поддержку для принятия решений ответственных за экологическое состояние лиц на предприятии. Разрабатываемое ГИС-приложение представляет собой информационную модель для анализа влияния деятельности предприятия на окружающую среду, а также решение задач прогнозирования.

## СУЩНОСТЬ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи, которые необходимо решить при создании ГИС-приложения. К ним отнесем следующие задачи:

- пространственную геопривязку территорий исследуемого промышленного предприятия в рамках городской территории, что позволит получить размещение промышленных построек предприятия в реальных географических координатах;
- нанесение на карту источников загрязнения атмосферы;
- разработку базы данных, содержащей полную информацию об этих источниках, которые загрязняют окружающую среду;
- построение буферных зон (пятен загрязнения) от каждого источника и по каждому загрязняющему веществу, для оценки степени влияния источников выбросов в атмосферу;
- создание необходимых слоев для полного анализа (санитарно защитная зона (СЗЗ) предприятия, жилые массивы и т.д.);
- расчет и анализ концентраций загрязняющих веществ в атмосфере с учетом параметров источников выбросов и метеорологической обстановки [4];
- создание модуля расчета платы за загрязнение окружающей природной среды;
- проведение полного анализа влияния предприятия на окружающую среду и формулировка логических выводов.

Для построения модели загрязнения окружающей воздушной среды и проведения соответствующих расчетов используется следующая входная информация:

- план города Харькова в масштабе 1:500;
- генеральный план предприятия;
- тематические слои: территория предприятия, основные корпуса предприятия, источники загрязнения, жилые и промышленные зоны, СЗЗ;
- данные об источниках выбросов: наименование и тип, высота, диаметр устья источника выброса, мощность выброса загрязняющих веществ, координаты источника и др.;
- сведения о фоновых концентрациях загрязняющих веществ и метеопараметрах;
- параметры розы ветров в районе предприятия.

В процессе моделирования используются реальные данные одного из промышленных предприятий города Харькова. В качестве ограничений и допущений при создании модели выбраны наиболее вредные для человека опасные химические вещества:

- азота двуокись  $\text{NO}_2$  – действует на нервную систему человека, вызывает паралич и судороги, связывает гемоглобин крови и вызывает кислородное голодание;
- углерода окись  $\text{CO}$  – угарный газ, он очень опасен, так как не имеет запаха и вызывает отравление и даже смерть;
- ксилол  $\text{C}_8\text{H}_{10}$  – по степени воздействия на организм человека относится к третьему классу опасности. Пары ксилола при высоких концентрациях вызывают

наркотическое действие, вредно влияют на нервную систему, вызывают раздражение кожи и слизистой оболочки глаз.

- озон  $O_3$  – это очень токсичный газ, который приводит к раздражению слизистой оболочки глаз и дыхательных путей;

- свинец Pb – это тяжелый металл, токсичен, является канцерогеном.

Сбор, обработка и хранение данных, оказывающих существенное влияние на здоровье людей, проживающих вблизи промышленных предприятий, является сложной и актуальной задачей. Качество решения этой задачи непосредственно зависит от полноты, достоверности и надежности собранной информации о вредных выбросах в атмосферу города.

Модели загрязнения окружающей среды создаваемые на основе ГИС технологий имеют ряд преимуществ по отношению к моделям, создаваемым с использованием традиционных информационных технологий. К таким преимуществам можно отнести, во-первых, возможность проведения оперативного географического анализа с учетом реальных геоданных и информации о параметрах источников загрязнения окружающей среды. В данном случае ГИС-анализ является мощным инструментарием и позволяет сопоставлять разнообразную пространственно-временную информацию и представлять ее в форме удобной для принятия управленческих решений. Во-вторых, ГИС-технологии дают возможность цифрового моделирования площадных объектов с привязкой их к рельефу местности. В настоящее время при моделировании загрязнения окружающей среды, как правило, используются традиционные методы представления этих процессов с использованием бумажных носителей. На рис. 1 и рис. 2 иллюстрируются фрагменты таких моделей.

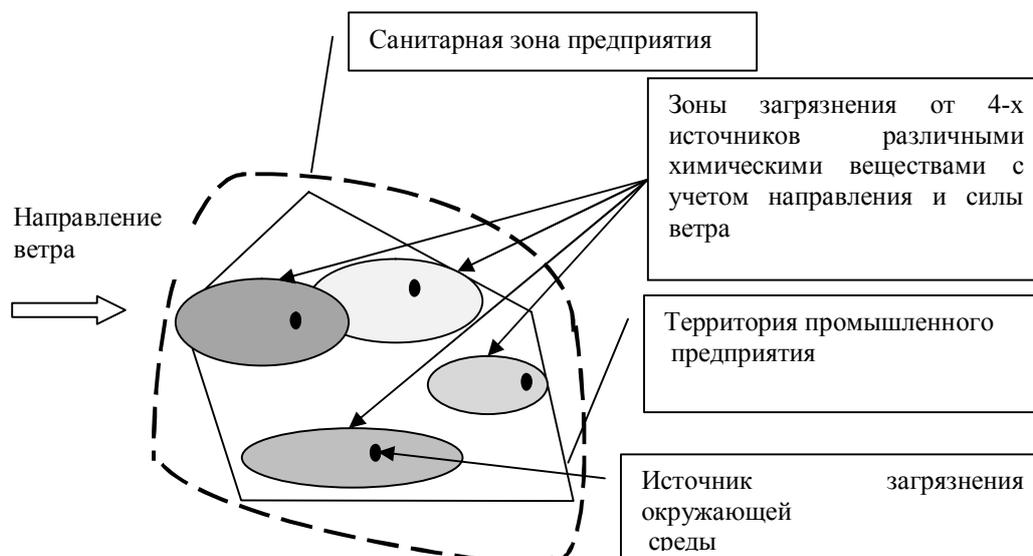


Рис.1. Фрагмент схемы, иллюстрирующей загрязнение окружающей среды промышленным предприятием.

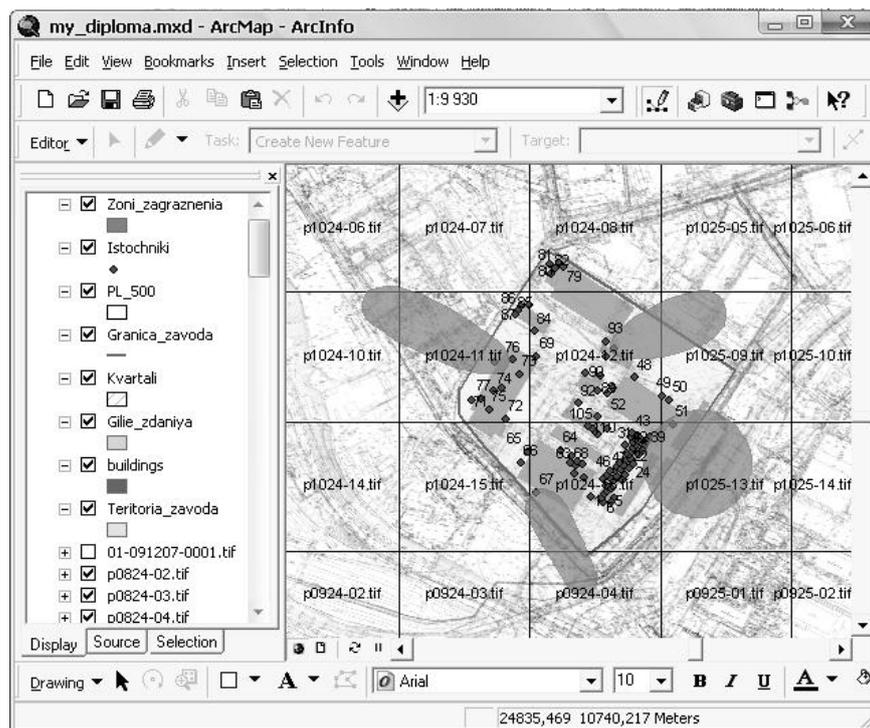


Рис.2. Фрагмент интерфейса модели загрязнения окружающей среды, построенной на основе ГИС-технологий.

Цифровые модели, разработанные на основе ГИС-технологий, позволяют исследовать загрязнение окружающей среды в динамике в различных случаях, например, при увеличении производительности предприятия, установки в отдельных цехах нового оборудования, использования в производстве новых горюче-смазочных материалов и т.д.

Известная база геоданных ArcGIS [5] обеспечивает построение пространственных и функциональных связей между объектами моделирования, в частности источниками загрязнения (трубы) и моделировать динамические процессы загрязнения окружающей среды. Кроме того, ГИС-технологии позволяют совместить результаты математических расчетов с географическими картами, городскими объектами, что позволяет руководителю предприятия решать эвристические задачи прогнозирования экологической обстановки.

Вышесказанное приводит к выводу о том, что географические информационные системы представляют собой мощные средства анализа и поддержки решений, принимаемых с учетом экологической информации. Кроме того, изложенное выше позволяет сформулировать задачу по разработке ГИС – приложения, которое позволяло бы рассчитывать концентрации загрязняющих веществ в атмосфере при заданных условиях. Другими словами, осуществлять геомоделирование загрязнения окружающей среды конкретными источниками загрязнения и конкретным предприятием в рамках городских территорий.

В настоящее время основным нормативным документом является «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86), позволяющая учитывать текущие метеорологические параметры, влияющие на рассеивание вредных веществ в атмосфере.

При расчетах для действующих и реконструируемых источников (предприятий) используется значение фоновой концентрации  $c'_\phi$ , представляющей собой фоновую концентрацию  $c_\phi$  из которой исключен вклад в загрязнение рассматриваемого источника (предприятия).

Значение  $c'_\phi$  вычисляется по формуле

$$c'_\phi = c_\phi \left( 1 - 0,4 \frac{c_m}{c_\phi} \right) \text{ при } c_m \leq 2c_\phi \quad (1.1)$$

$$c'_\phi = 0,2c_\phi \text{ при } c_m > 2c_\phi \quad (1.2)$$

где  $c_m$  – максимальная расчетная концентрация вещества от данного источника (предприятия) для точки размещения поста, на котором устанавливался фон. Величина  $c_m$  определяется по формуле:

$$c_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1.3)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;  $M$  (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;  $F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;  $m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;  $H$  (м) – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается  $H = 2$  м);  $\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности,  $\eta = 1$ ;  $\Delta T$  (С°) – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси  $T_г$  и температурой окружающего атмосферного воздуха  $T_в$ ;  $V_1$  (м<sup>3</sup>/с) – расход газовой смеси, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (1.4)$$

где  $D$  (м) – диаметр устья источника выброса;  $\omega_0$  (м/с) – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса;  $c_\phi$  (мг/м<sup>3</sup>) – фоновая концентрация, которая для отдельного источника выброса характеризует загрязнение атмосферы в городе или другом населенном пункте, создаваемое другими источниками, исключая данный. Из опыта наблюдений  $c_\phi$  определяется как уровень концентраций, превышаемый в 5 % наблюдений за разовыми концентрациями. Значения  $c_\phi$  известно по данным наблюдений государственной гидрометеорологической службы.

Загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями непосредственно связано с оплатой за нанесенный ущерб обществу и природе. Поэтому экологический компонент промышленного производства является важной экономической составляющей производства в целом. В связи с этим создается модель расчета платы предприятия за загрязнение окружающей среды. Составляющими размера платежей за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ стационарными источниками загрязнения являются:

- плата в пределах установленных лимитов (временно согласованных) выбросов загрязняющих веществ;

- плата за превышение лимитов выбросов загрязняющих веществ.

Размер платежа за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ стационарными источниками загрязнения определяют по формуле:

$$P_{\alpha\tau} = \sum (H_{\alpha} M_{li} + K_{\Pi} H_{\alpha} M_{ni}) K_T K_{инд} \quad (1.5)$$

где  $H_{\alpha i}$  — базовый норматив платы за выбросы в атмосферу  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах лимита, (грн/т);

$M_{li}$  — масса годового выброса  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах лимита, (т);

$K_{\Pi}$  — коэффициент кратности платы за сверхлимитный выброс в атмосферу загрязняющих веществ;

$M_{ni}$  — масса сверхлимитного выброса в атмосферу  $i$ -го загрязняющего вещества, (т);

$K_T$  — коэффициент, который учитывает территориальные социально-экологические особенности, зависит от численности жителей населенного пункта и определяется по формуле:

$$K_T = K_{нас} K_{\phi} \quad (1.6)$$

где  $K_{нас}$  — коэффициент, который зависит от численности жителей населенного пункта, в нашем случае он равен 1,8;

$K_{\phi}$  — коэффициент, зависящий от народно-хозяйственного значения населенного пункта – 1,25 [6].

$K_{инд}$  — коэффициент индексации.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, сформулирована задача моделирования процессов загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий с использованием ГИС-технологии, которая выгодно отличается от методов моделирования с использованием традиционных информационных технологий. Приведены расчетные соотношения позволяющие решать не только расчетные задачи, но и исследовательские задачи, в частности, прогнозирование загрязнения окружающей среды с учетом различных факторов. Неотъемлемой частью модели является ее экономическая составляющая, которая позволяет прогнозировать размер платежей и штрафных санкций в различных случаях.

## Список литературы

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» Документ 1264-12, остання редакція від 09.04.2009 на підставі 1158-17, чинний [Електронний ресурс] – Режим доступу к жур. : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1264-12>
2. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» Документ 2707-12, остання редакція від 26.06.2004 на підставі 1745-15, чинний [Електронний ресурс] – Режим доступу к жур. : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2707-12>
3. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» Документ 4004-12, остання редакція від 22.05.2008 на підставі v010p710-08, чинний [Електронний ресурс] – Режим доступу к жур. : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=4004-12>
4. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеиздат, 1987.– 93 с.
5. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы. Основы / ДеМерс М.Н. ; [пер. с англ. Дата+]. – Москва, 1999. – 507 с.
6. Дорогунцов С.І. Екологія / Дорогунцов С.І., Коценко К.Ф., Хвесик М.А. — К.: КНЕУ, 2005. — 371с. [Електронний ресурс] – Режим доступу к жур. : [http://buklib.net/component/option,com\\_jbook/task,view/Itemid,9999999/catid,127/id,3618/](http://buklib.net/component/option,com_jbook/task,view/Itemid,9999999/catid,127/id,3618/)

**Метешкін К.О. Задача геомоделирования забруднень урбанізованих територій / К.О. Метешкін, О.С. Кутицька // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2010. – Т.23 (62). – № 2 – С.183-189.**

Аналізується можливість побудови моделі забруднення навколишнього середовища промисловим підприємством з використанням геоінформаційних технологій. Ставиться завдання розробки ГИС-додатку.

**Ключові слова:** навколишнє середовище, забруднення, викиди, промислове підприємство, джерела забруднення, моделювання, геодані, геоінформаційна система, геоінформаційний аналіз.

**Meteshkin K.A. The task of geomodelling of pollutions in urbanized area / K.A. Meteshkin, E.S. Kutitskaya // Scientific Notes of Taurida National V. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2010. – Vol. 23 (62). – № 2 – P. 183-189.**

We analyse the opportunity of making a model of pollution of environment by enterprise using geographic information technology. The aim is to develop GIS applications.

**Keywords:** environment, pollution, emissions, industrial enterprise, the sources of pollution, modeling, geodata, GIS, GIS analysis.

*Поступила в редакцію 24.04.2010 г.*