

УДК 004.942

М. В. Телегина, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ПО КОМПОНЕНТАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Предлагается методика расчета и визуализации загрязняющего вещества в разных компонентах окружающей среды, состоящая из ряда этапов: ввод параметров источника и выброса, построение сети точек, расчет значений концентрации в точках сети и визуализация. Описана структура системы.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, компоненты окружающей среды, динамика, цифровая карта, расчет, визуализация.

В систему экологического мониторинга потенциально опасных объектов (ПОО) входят наблюдения за состоянием элементов биосферы и наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия. Загрязняющие окружающую среду вещества, содержащиеся в выбросах, поступают в организм человека по цепи: атмосферный воздух → коренные породы → почва → вода → растительность → животные. Необходимо оценить динамику загрязняющего вещества (ЗВ) при произошедшем выбросе с промышленного объекта в разных компонентах окружающей среды [1].

Предлагается методика расчета и визуализации загрязняющего вещества при произошедшем выбросе с промышленного объекта в разных компонентах окружающей среды (почва, растения, прикорневой слой и т. д.), состоящая из ряда последовательных этапов.

### 1. Ввод параметров источника и выброса.

В нашем случае в качестве исходной информации принимаются: координаты источника, тип и количество осевшего на земную поверхность взвешенного вещества  $I_0$ , значение которого зависит от мощности и продолжительности выброса ЗВ,  $R$  – радиус рассеяния выбросов, а также коэффициенты переноса ЗВ в компонентах среды.

### 2. Построение регулярной сети точек на карте местности.

Для визуализации миграции загрязняющих веществ предлагается использовать расставляемую с регулируемыми параметрами сеть точек, на основе которых легко построить экологические карты [2]. Сеть точек строится относительно источника выброса.

### 3. Расчет значений концентрации ЗВ в точках сети.

Прежде чем производить расчет значений концентрации ЗВ в точках сети, необходимо оценить местоположение каждой точки регулярной сети, так как динамика загрязняющих веществ зависит от вида и характеристик растительности, почвы, материнской породы.

Для решения задачи определения слоев растительности, почвы, грунтовых вод каждой расстав-

ленной точки используются данные цифровой карты местности и процедура пространственного анализа – определение принадлежности точки полигону (объекту определенного слоя цифровой карты) [3]. Различные компоненты окружающей среды связываются между собой коэффициентами переноса ЗВ, поэтому после определения типов растительности, почвы, материнской породы и других видов компонентов окружающей среды выбираются из базы данных соответствующие для каждой пары слоев коэффициенты переноса ЗВ.

При разработке системы за основу расчета объема, расстояний и глубины переноса можно взять математическую модель, позволяющую рассчитать предполагаемую концентрацию (рис. 1) [4].

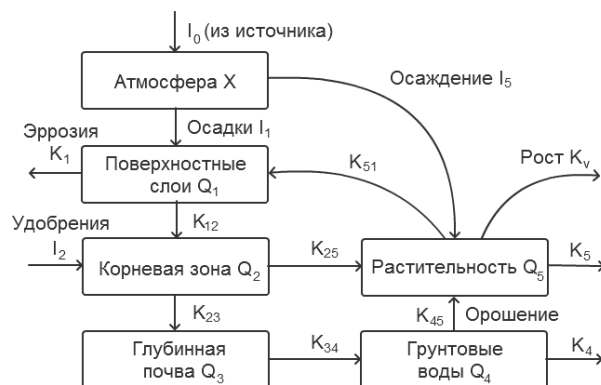


Рис. 1. Миграция загрязняющего вещества

При известном значении количества осевшего на земную поверхность взвешенного вещества  $I_0$  нужно вычислить для каждого компонента окружающей среды количество  $Q_S$  загрязняющего вещества  $S$ , содержащегося в компоненте, в зависимости от нескольких параметров:

$$Q_S(x, y, I_0, R, M),$$

где  $x, y$  – координаты точки, в которой определяется концентрация загрязняющего вещества, отсчитываемые относительно места выброса,  $m$ ;  $I_0$  – мощность

выброса загрязняющего вещества, кг;  $R$  – радиус рассеяния выбросов, м;  $M$  – местность, на которой производится моделирование, геоинформация.

Модель рассматривает отложение выброса  $I_0$  на поверхности почвы  $I_1$  и на листьях растений  $I_5$ :  $I = I_1 + I_5$ , при этом  $I_1 = I(1 - K_g)$ ;  $I_5 = IK_g$ , где  $K_g$  ( $0 < K_g < 1$ ) – коэффициент листового перехвата.

Величина  $I_2$  должна учитываться, если на рассматриваемой территории используются удобрения, содержащие загрязняющее вещество. Процессы, отраженные на рис. 1, записываются следующими уравнениями [4]:

$$\begin{aligned} Q_1 &= I_1 + Q_5 K_{51} - Q_1(K_1 + K_{12}); \\ Q_2 &= I_2 + Q_1 K_{12} - Q_2(K_{25} + K_{23}); \\ Q_3 &= Q_2 K_{23} - Q_3 K_{34}; \\ Q_4 &= Q_3 K_{34} - Q_4(K_4 + K_{45}); \\ Q_5 &= I_5 + Q_4 K_{45} + Q_2 K_{25} - Q_5(K_5 + K_{51} + K_v), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $K_{ij}$  – коэффициенты переноса между компонентами окружающей среды;  $Q_i$  – количество загрязняющего вещества, содержащегося в данный момент в конкретной ( $i$ -й) компоненте окружающей среды;  $I_j$  – количество загрязняющего вещества, попавшего в среду из внешних источников (удобрения, выбросы).

Коэффициенты переноса  $K$  – это функционально значимые для оценки миграции металла между различными частями модели коэффициенты, зависящие от загрязняющего вещества и типа почвы.

Значения  $Q$  требуется найти из системы уравнений (1). Одним из наиболее известных алгоритмов решения систем линейных уравнений является метод Гаусса [5].

#### 4. Визуализация распределений по компонентам.

Визуализация распределения концентрации ЗВ по компонентам среды происходит на основе пространственной сети точек с рассчитанными значениями с применением билинейной интерполяции. Билинейной интерполяцией называют расширение линейной интерполяции для функций двух переменных.

Таким образом, разрабатываемая система должна выполнять следующие функции:

- открытие, отображение и закрытие картографических слоев, а также задание содержимого слоя;
- задание параметров модели, таких как мощность источника, его географическое положение, шаг регулярной сети, загрязняющее вещество и пр.;
- получение коэффициентов миграции и других данных из внешнего хранилища;
- вычисление распределения распространения загрязнений в точках с учетом расстояния до источника;
- расчет содержания загрязняющего вещества в узлах регулярной сети по компонентам;
- построение экологической карты с применением интерполяции.

На основании теоретического исследования и определения последовательных этапов расчета и визуализации распределения загрязняющего вещества по компонентам окружающей среды в зоне влияния

промышленного предприятия разработана структура системы (рис. 2).

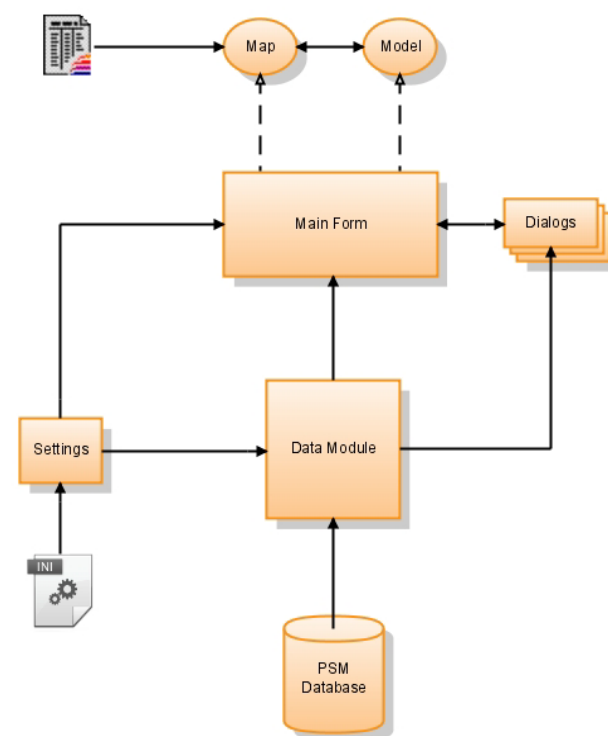


Рис. 2. Структура системы

Блоки системы выполняют следующие функции.

**Map.** Представляет собой визуальный компонент на главной форме, который занимается открытием и отображением слоев карты. Также в его основные обязанности входит навигация пользователя по отображаемой местности. Дополнительные функции: прорисовка сети узловых точек; задание положения источника и радиуса выброса; шага сети, отображение информации о типе почвы или растительности в каждой выбранной точке сети.

**Model.** Этот блок с соответствующим названием инкапсулирует в себе логику модели, то есть берет на себя все математические вычисления в системе от расчета общего количества загрязняющего вещества, попавшего в точку регулярной сети до билинейной интерполяции по результатам моделирования для визуализации на карте.

**Main Form.** Главная форма приложения координирует взаимодействие всех частей и предоставляет пользователю возможность настраивать модель путем изменения входных параметров.

**Dialogs.** Под этим блоком в схеме системы подразумевается множество диалоговых окон, которые помогают пользователю в задании следующих параметров модели:

- ручное задание шага сети по обоим направлениям;
- ручное задание радиуса рассеивания выброса источником загрязняющего вещества;
- выбор вещества модели, для которого рассчитывается содержание в той или иной компоненте окружающей среды;

- задание мощности выброса объектом загрязняющего вещества в окружающую среду;
- ручное задание типов содержимого каждому слою карты;
- параметры отображения диаграммы, показывающей содержание загрязняющего вещества в точках местности;
- набор компонент окружающей модели, для которых требуется отразить содержание загрязняющего вещества.

*Settings.* Этот блок отвечает за настройки приложения.

*Data Module.* Данный блок предназначен для предоставления доступа к данным из внешнего хранилища:

- загрузка списка загрязняющих веществ для выбора пользователем в качестве моделируемого;
- загрузка коэффициентов миграции для выбранного пользователем загрязняющего вещества и определенного типа почвы;
- загрузка коэффициента листового перехвата для определенного типа растительности;
- предоставление значений по умолчанию в случае отсутствия в базе данных требуемых значений.

Таким образом, в разработанной архитектуре системы для понимания принципов функционирования системы и определения обязанностей между классами определены действия, процессы, операции, которые должны будут выполняться во время работы системы.

Предлагаемый подход, заключающийся в расчете динамики загрязняющих веществ в равномерно автоматически расставленных точках, позволит получить достоверную картину покомпонентного распределения в виде областей с учетом параметров, имеющихся в базе данных ГИС по объектам соответствующих цифровых карт, и коэффициентов переноса загрязнений.

Предсказание таких событий как, атмосферная дисперсия, почвенное осаждение, растительная ассимиляция и миграция в почвенные воды загрязнений промышленных объектов невозможны без авто-

матизированных процедур расчета и визуализации их пространственной динамики.

В качестве перспективы нужно отметить разработку и реализацию различных режимов визуализации пространственных распределений: изменение прозрачности растрового слоя, применение предельно допустимых величин, задание временного шага просмотра, выбор графического режима показа изменения концентрации в течение расчетного времени со времени выброса выбранной компоненте в точке – узле интерполяции; построение произвольно заданного на местности профиля по интерполированной картине на заданное время анализа и визуализация графика изменения концентрации ЗВ вдоль профиля. Разнообразие разработанных режимов визуализации позволит повысить наглядность и удобство пользования разрабатываемой системой.

Динамика загрязняющих веществ сильно зависит от уклона поверхности, поэтому необходимо в дальнейшей работе над системой учитывать рельеф местности, а также толщину отдельных видов почв и материнской породы.

#### Библиографические ссылки

1. Трансформация почвенно-растительного покрова под влиянием мышьяксодержащих соединений и возможность мониторинга / Т. Г. Габричидзе [и др.] // Интеллектуальные системы в производстве. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. – № 2(8). – С. 203–207.
2. *Телегина М. В.* Опыт реализации ГИС-технологий для задач комплексного исследования территории района хранения и уничтожения химического оружия // Теоретическая и прикладная экология. – 2010. – № 1. – С. 45–50.
3. *Телегина М. В.* Визуализация данных в составе системы производственного экологического мониторинга объекта уничтожения химического оружия // Прикладная информатика. – 2009. – № 2(20). – С. 107–114.
4. *Bignoli J., Sabbioni E.* Environmental assessment of arsenic released from potential pollution sources // Environ. monitoring and assessment. – 1984, 4, № 1, 93, 65.
5. *Колемаев В. А., Староверов О. В., Турундоевский В. Б.* Теория вероятностей и математическая статистика. – М. : Высш. шк., 1991. – 400 с.

*M. V. Telegina*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

#### Theoretical Bases and Structure of System of Polluting Substance Distribution Visualization by Environment Components in an Industrial Enterprise Influence Zone

*The design procedure and visualisation of polluting substance in different environment components, consisting of a number of stages is offered: introduction of source and emission parameters, construction of network points, calculation of concentration values in the network points and visualisation. The system structure is described.*

**Key words:** polluting substances, environment components, dynamics, digital map, calculation, visualisation.