В.А.Бабешко, О.М.Бабешко, М.В.Зарецкая,
О.В.Евдокимова, С.М.Евдокимов
Кубанский университет, г.Краснодар

510.67:554+556.5.072+556.535.8

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСОВ ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Целью исследования является создание программно-аналитического комплекса, позволяющего прогнозировать состояние окружающей среды с учетом всех основных климатических и ландшафтных факторов и включающего математическую модель, допускающую привязку к конкретным техногенным территориям, и базу данных современных катастроф природного и техногенного характера.
В ходе выполнения работы получила дальнейшее развитие теория атмосферной диффузии в направлении приближения к реальным условиям, разработан комплекс программ для точного решения задачи о переносе и оседании примеси в атмосфере с учетом неоднородности свойств атмосферы по высоте и свойств подстилающей поверхности, предложены некоторые блоки имитационной математической модели поведения загрязняющих веществ с учетом особенностей географического положения территории и комплекс информационной поддержки модели.

The aim of the present research is creation of the program-analytical complex that allows forecasting of the environmental state subjected to all the climatic and landscape factors. The complex involves a simulator that assumes clasure to the certain man-caused territories and database of the up-to-date catastrophes of the natural and man-caused origin.
In the course of the work accomplishment the theory of atmospheric diffusion in the line of real-life environment approximation has been put under further development. Program system for the accurate development of the task for the translation and thickening of admixture taking into account the heterogeneity of atmosphere characteristics in height and underlying surface characteristics has been elaborated. Several blocks of the mathematical simulation model of contaminant behaviour opened to the peculiarities of geographical location of the territory and the complex of the model infotainment have been worked out.

Рост антропогенной нагрузки на окружающую среду привел к обострению многих экологических проблем. Задача состоит в том, чтобы уровни содержания вредных веществ не приводили к негативным и тем более необратимым последствиям. Для этой цели необходимо иметь совершенные методы комплексного исследования экологических систем.

Краснодарский край играет особую роль на юге страны, он является форпостом России на черноморском побережье, единственным круглогодичным курортным центром, регионом, через который проходят мощные морские и сухопутные транспортные артерии Причерноморья и мира.

Разрабатываемая математическая модель позволит прогнозировать состояние окружающей среды с учетом всех основных климатических и ландшафтных факторов и допускает привязку к конкретным техногенным территориям. Модель распространения загрязняющих примесей в атмосфере учитывает стратификацию среды и взаимодействие (при оседании) с подстилающей поверхностью, включающей области с разными возможностями поглощения и отражения опасных загрязнителей. Последнее является новым в постановке задач такого рода и позволяет на порядки уточнить концентрацию загрязняющих веществ (ЗВ), осевших на поверхность, в зависимости от возможности различных зон поверхности их удерживать.

Постановка задачи должна достаточно адекватно отражать протекающие в природе процессы и явления, т.е. учитывать все характеристики, существенным образом влияющие на процесс.

В работе, по-видимому, впервые развивается строгая теория, предусматривающая учет совместного влияния стратификации атмосферы и разнотипности подстилающих поверхностей на характер концентрации оседающих ЗВ.

Загрязняющие вещества, попавшие в атмосферу, в процессе оседания на поверхность земли создают вполне определенную концентрацию. Предельно допустимые концентрации (ПДК) этих ЗВ для каждой конкретной ситуации вносят ограничения на предельно допустимые выбросы источников загрязнения. Объектами выбросов, как правило, являются сосредоточенные источники. Попавшие на почву ЗВ могут естественным (естественное смывание или разложение) или искусственным путем нейтрализоваться. Искусственная нейтрализация ЗВ диктуется необходимостью приведения состояния окружающей среды к условиям экологической безопасности.

Территория около источника может иметь различные подстилающие зоны. Они могут полностью отражать ЗВ в ветреную погоду, аккумулировать все осевшие ЗВ или частично аккумулировать оседающие ЗВ и частично отражать обратно в атмосферу.

Рассмотрим процесс распространения загрязняющих веществ от точечного источника постоянной мощности, моделируемого δ-функцией Дирака. В качестве основного уравнения, описывающего распространение примеси, используем уравнение переноса с учетом турбулентной диффузии, гравитационного оседания и естественного разложения. Процесс считаем установившимся во времени, т.е. рассматриваем стационарную задачу.

Граничные условия на нижней границе приняты в предположении наличия разнотипных подстилающих поверхностей. Считаем, что в совокупности эти подстилающие поверхности полностью покрывают всю поверхность земли в зоне источника. На верхней границе определяем некоторое значение концентрации. В предположении отсутствия вертикальных потоков воздуха она должна быть близкой к нулю.

Уравнение переноса с учетом турбулентной диффузии имеет вид

$$u_n \frac{\partial \varphi_n}{\partial x} + v_n \frac{\partial \varphi_n}{\partial y} + (w_n - w_{gn}) \frac{\partial \varphi_n}{\partial z} +$$

$$+ \sigma_0 \varphi_n - \nu_n \frac{\partial^2 \varphi_n}{\partial z^2} - \mu_n \left(\frac{\partial^2 \varphi_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi_n}{\partial y^2} \right) =$$

$$= C\ \delta(x - x_0, y - y_0, z - z_0).$$

Условия сопряжения на границах разделения слоев следующие (индексы соответствуют номеру слоя):

$$z = h_1,\ \nu_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial z} = \nu_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial z},\ \varphi_2 = \varphi_1;$$

$$z = h_2,\ \nu_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial z} = \nu_3 \frac{\partial \varphi_3}{\partial z},\ \varphi_2 = \varphi_3.$$

Предполагается, что существуют три типа подстилающих зон с разнотипными свойствами: полностью отражающие оседающие ЗВ, с полным и частичным оседанием ЗВ.

Количество зон можно регулировать, разнообразя значения параметров $0 \le \lambda \le \infty$, которые определяются экспериментально.

Граничные условия для каждого из типов подстилающих поверхностей имеют вид

$$z = 0;\ L_k \varphi = \nu_1 \frac{\partial \varphi}{\partial z} - \lambda_\kappa \varphi = 0;\ x, y \in \Sigma_\kappa;\ \kappa = 1, \ldots, M;\ \varphi_3 = 0, z = h_3.$$

Таким образом, получена смешанная краевая задача для уравнения переноса. Зоны Σ_κ полностью покрывают плоскость xOy; в общем случае эти множества могут быть несвязными. Здесь ради простоты будем считать их односвязными.

Краевую задачу необходимо составлять для каждого из типов загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. Поскольку при переходе из одной области в другую граничные условия изменяются, решение краевой задачи требует построения интегральных уравнений.

Решение получим с применением метода интегральных преобразований и известной техники сведения смешанных краевых

задач к интегральным уравнениям, что позволяет перейти к решению системы интегральных уравнений первого рода.

В общем случае метода построения точного решения для системы интегральных уравнений нет. В работе предложены методы построения приближенных решений. Рассматриваемая система интегральных уравнений обладает специфическими свойствами локальности их ядер. Ядра систем интегральных уравнений экспоненциально затухают при увеличении аргументов. Это обстоятельство позволяет строить приближенное решение интегральных уравнений специальным методом, развитым для решения смешанных задач теории упругости. Метод предполагает, что рассматриваемые области Σ_m являются относительно большими и не имеют сужений. Такие задачи в терминологии теории смешанных задач упругости называют задачами для малых λ. Особенность метода состоит в том, что построенное решение в достаточно больших относительных областях имеет две составляющие:

$$\psi_m(x,y) = \psi_{m1}(x,y) + \psi_{m2}(x,y).$$

Первая составляющая решения описывает его поведение во внутренних точках области и называется вырожденной, вторая составляющая называется погранслойной, она наиболее велика у границы области и убывает по мере удаления от границы области вглубь.

Результатом изложенного теоретического исследования является пакет прикладных программ для моделирования процесса переноса и осаждения примеси в случае выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В разработанном комплексе программ учитывается слоистая неоднородность атмосферы по высоте и разнотипность подстилающей поверхности.