В.В.Алексеев, Б.Г.Комаров, П.Г.Королев, Н.И.Куракина
НИИ радиоэлектронных систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций "Прогноз" при Санкт-Петербургском электротехническом университете

УДК 681.3.06:574

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Рассмотрены вопросы объединения данных разного типа и результатов моделирования с целью получения комплексных оценок состояния объектов экологической системы и прогнозирования развития ситуаций.
На основании проведенного метрологического анализа основных типов данных предлагается методика построения нормированного пространства оценок, которые обеспечивают формирование сложных и комплексных оценок на основе послойной организации проектов в технологии геоинформационных систем.

The paper is focused on the issues of joining together different data types and results of modeling performed in order to obtain complex evaluation of the state of environmental system objects and to predict the development of situation.
Basing on the metrological analyses of the main data types, the method of fixed evaluation space construction which ensure the formation of complicated and complex evaluations based on the stratified projects organisation and geoinformation system technology was suggested.

Природные и техногенные чрезвычайные ситуации (ЧС) оказывают воздействие на воздушную среду, воду, почву, человека, животных, птиц и рыб, а также на растительный мир суши и водоемов в виде химического, радиационного и биологического загрязнения, пожаров и землетрясений и др. Вероятность и интенсивность того или иного вида воздействия определяются конкретными условиями: метеорологической обстановкой, географической и геологической структурами, структурой предприятий и схемой производства. В свою очередь, каждый конкретный фактор в различной степени и качестве влияют на разные объекты экологической системы. Поэтому оценки степени риска и степени ущерба являются сложными многопараметрическими задачами, требующими формирования единой критериальной основы.

Для обоснования требований к системе анализа окружающей природной среды (ОПС) и разработки концепции создания такой системы большое значение имеет исследование методов прогнозирования загрязнений.

Оценка и прогнозирование состояния объектов ОПС может основываться на анализе результатов контрольных измерений и на использовании математических моделей распространения примесей. Математическое моделирование проводится с использованием закономерностей распространения примесей в различных средах. При этом учиты-

ваются метеорологические, синоптические условия, а также перемешивание выбросов и сбросов, обусловленных многими источниками.

Для описания загрязнения атмосферы выбросами разного рода наиболее часто используется методика ГГО, лежащая в основе ОНД-86; гауссова модель Паскуилла – Гиффорда, лежащая в основе методик МАГАТЭ и др.

Методика ГГО для расчета концентрации примесей в атмосферном воздухе используется в нашей стране в качестве стандартной. Она позволяет рассчитать поле разовых концентраций примеси при выбросе из одиночного источника и группы источников, при нагретых и холодных выбросах, учесть одновременное действие разнородных источников и рассчитать суммарное загрязнение атмосферы от промышленных комплексов.

Модели распространения вредных веществ в водных средах несколько сложней, чем модели атмосферной диффузии. Дело в том, что водная среда богаче различного рода процессами взаимодействия с вносимыми в нее примесями. Процесс распространения вносимых в водный поток растворенных и взвешенных примесей описывается дифференциальным уравнением турбулентной диффузии:

$$V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} - D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} = -\frac{\partial C}{\partial t},$$

где x, y, z – продольная (вдоль потока), поперечная (перпендикулярная оси потока в горизонтальной плоскости) и вертикальная (перпендикулярная в вертикальной плоскости) координаты; V_x, V_y, V_z – компоненты скорости течения по соответствующим координатам; D_x, D_y, D_z – коэффициенты турбулентной диффузии (конвективно-диффузионного переноса) по соответствующим направлениям; C – концентрация рассматриваемого компонента в водном потоке; t – время.

Распространение загрязняющих примесей в воде под действием течений и турбулентной диффузии зависит от характера источников загрязнений. Представление типовых водотоков в виде моделей позволяет дать оценку распространения загрязнений с учетом гидрологических характеристик водотока, типа и концентрации загрязняющего вещества или веществ в стоке, количества стоков и места их расположения. Использование для построения модели водотока процесса конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ предполагает решение дифференциальных уравнений и позволяет оценить распределение загрязнений по объему водотока. Вид дифференциального уравнения определяется особенностями водотока и свойствами загрязняющих веществ. Например, для средних рек используется двумерная модель, которая описывается уравнением вида

$$\frac{dC}{dt} + V_{ср} \frac{dC}{dx} = D_y \frac{d^2 C}{dy^2} - K_1 C,$$

где C – концентрация загрязняющего вещества; $V_{ср}$ – средняя скорость течения водного объекта; D_y коэффициент турбулентной диффузии; K_1 коэффициент неконсервативности.

Дифференциальное уравнение решается конечно-разностным методом с использованием явной схемы аппроксимации.

Проведенный метрологический анализ используемых моделей развития экологических процессов позволяет оценить достоверность результатов моделирования, а программная реализация моделей, импортирующая поле концентраций в виде слоев геоинформационной системы (ГИС) обеспечивает возможность использования результатов моделирования при формировании ГИС проектов для комплексной оценки и предупреждения ЧС.

Получение комплексной оценки затруднено многообразием характеристик объекта, разнотипностью доступной информации, сложностью количественного и качественного объединения данных. Комплексная оценка связана с формированием

целевых критериальных функций, интегрирующих для каждого конкретного случая простые и сложные характеристики контролируемых параметров ОПС, учитывающих степень влияния того или иного фактора. Так как оценки носят разный характер, имеют разную достоверность и степень доверия, то комплексные оценки могут быть получены, только если ко всем данным и операциям над ними будет предъявлено требование единства измерений. Это может быть достигнуто, если все множество оценок организовать в виде нормированного многопараметрического пространства, с обязательным формированием характеристик достоверности (неопределенности) для каждого значения контролируемых параметров:

$$x^* = \{x', u\},$$

где x^* оценка параметра; x' значение оценки; u – неопределенность.

В структуру такого пространства входят результаты измерений, их экспертиза, алгоритм оценки, позволяющие получить в соответствии с принятыми алгоритмами комплексные оценки обстановки и простые и сложные оценки состояния. Простые оценки связаны с представлением результатов контроля относительно ПДК и экспертных оценок. Сложные оценки состояния ОПС представляют собой комплексную характеристику, полученную путем суммирования простых оценок с учетом их свойств в пределах групп воздействия:

$$S_i^* = \Sigma \{x_i^*, p_{\partial i}, g_{yi}\}, \; i \in I_s,$$

где x_i^* – простая оценка, входящая в множество важных характеристик I_s , $p_{\partial i}$ – оценка степени доверия; g_{yi} – оценка степени участия x_i^*

Комплексная оценка состояния объектов ОПС представляет собой характеристику, полученную путем суммирования простых и сложных оценок:

$$O^* = \Sigma \{x_i^*, S_i^*, p_{\partial i}, g_{yi}\}, \; i \in I_o.$$

Реализация предлагаемых методов формирования комплексной оценки позволит создать систему прогнозирования состояния объектов ОПС и предупреждения ЧС, об- диняющую разнородные данные на еди метрологической основе, реализовать при доохранные проекты на базе ГИС.