

Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 13 с.

2. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2041–06; утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 23 января 2006 №1 – М.: Роспотребнадзор, 2006. – 8 с.

3. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.2511–09; утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 18 мая 2009 № 32. – М.: Роспотребнадзор, 2009 – 3 с.

4. Инженерно-экологическая подготовка территорий под жилую застройку / С. В. Сольский [и др.] // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2003. – Т. 242. – С. 196–201.

5. Методические основы разработки технических решений по защите природных вод от загрязнения при проектировании, эксплуатации и консервации накопителей

и хранилищ жидких, твердых и пастообразных отходов / С. В. Сольский [и др.] // Известия ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева. – 1999. – Т. 235. – С. 123–128.

6. **Дубровская Н. В.** Инженерно-экологическое обоснование локализации загрязнений вторично осваиваемых участков территории Санкт-Петербурга: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: СЗГЗТУ, 2009. – 24 с.

Материал поступил в редакцию 10.05.10.

Сольский Станислав Викторович, доктор технических наук

Тел. (812) 535-88-85

E-mail: solsk@hydro.vniig.ru

Самофалов Дмитрий Петрович, кандидат технических наук

Тел. (812) 535-20-46

E-mail: gerasimova@hydro.vniig.ru

Рыжакова Мария Геннадьевна, инженер

Тел. (812) 494-72-10

E-mail: mryzhakova@proektvodstroi.ru

УДК 502/504

О. В. КОЛЬЦОВА

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

Я. О. ТЕПЛОВА

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский институт электронной техники», Зеленоград

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ ПОСТОВ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ ГОРОДА

Рассмотрены основные подходы к проектированию сетей контрольных постов. Методика адаптирована к целям мониторинга загрязнения воздуха в городах. Предложен укрупненный алгоритм работы программного обеспечения.

Проектирование сетей контрольных постов, мониторинг атмосферы города, алгоритм работы программного обеспечения, экологическая обстановка, пространственно-репрезентативная сеть контроля.

The basic approaches to the design of networks of control stations have been considered. The method chosen for the implementation in the software has been adapted to the purposes of monitoring city air pollution. There is proposed an enlarged software algorithm in the article.

Designing of control stations network, urban atmosphere monitoring, software algorithm, ecological environment, spatial-representative control network.

Для получения полной и адекватной информации об экологической обстановке создаются сети постов наблюдения (пунктов, измерительных станций, станций контроля, контрольно-замерных станций), отбирающих пробы воздуха для дальнейшего анализа. Репрезентативность наблюдений зависит от корректности расположения постов, что является одной из основных задач при разработке и создании системы экологического мониторинга в городе.

Наиболее распространена методика проектирования сети контрольных постов.

Первая методика заключается в проектировании пространственно-репрезентативной сети контроля, позволяющей воспроизводить пространственную структуру поля концентраций, максимально приближенную к реальной.

Вторая методика основана на установлении вклада выбросов отдельных источников в общее загрязнение воздуха в регионе. Решение о размещении поста принимается на основе соответствия данного местоположения определенному критерию. Кроме того, определяющее значение имеет цель мониторинга: получение данных о локальном загрязнении в отдельной точке или общей картины загрязнения в крупном районе. В первом случае посты контроля, как правило, устанавливаются в предполагаемой зоне максимальной концентрации выбросов от источника загрязнения (обычно это 0,5...2 км от низких источников и 2...4 км от высокого источника [1, 2]). Если необходимо оценить уровень загрязнения на территории площадью в несколько квадратных километров, то требуется создание сети контрольных постов для определения характеристик распределения концентрации загрязняющих веществ. Число постов и расстояние между ними определяют, исходя из результатов статистического анализа, который заключается в получении средних значений концентраций примесей q_{cp} , мг/м³, среднего квадратического отклонения σ , мг/м³, в установлении максимальных значений q_{max} , мг/м³, и др. [3]. При этом следует учитывать преобладающие на рассматриваемой территории метеорологические условия (направление и скорость ветра), иногда рельеф местности и особенности застройки.

В процессе обработки результатов наблюдений наибольшее внимание уделя-

ется, как правило, расчету загрязнения атмосферы в соответствии с «Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86)», построению санитарно-защитных зон промышленных предприятий и определению нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Для реализации в ПО выбрана достаточно простая и эффективная методика, позволяющая учитывать вклады отдельных источников в общий уровень загрязнения в конкретной точке местности с учетом повторяемости типов погоды (скорость и направление ветра) без использования достаточно сложного для решения уравнения турбулентной диффузии и параметров, определяемых экспертными методами [4].

Поскольку используется методика размещения постов на основе соответствия их местоположений определенному критерию, то задача становится оптимизационной. Пусть на территории города расположено N точечных источников загрязнения (обычно в качестве источников рассматриваются промышленные предприятия). Источники, имеющие значительную протяженность, целесообразно представить в виде совокупности точечных источников. Исследуемая территория представляется в виде множества $m \times n$ так называемых элементарных зон, т.е. территорию покрывает прямоугольная сетка. Размещать посты наблюдения предполагается в центрах ячеек сетки, имеющих координаты x_{ij} , y_{ij} , где i и j – номера зон по осям X и Y соответственно. Число элементарных зон должно быть меньше числа размещаемых постов M . Для каждой элементарной зоны предлагается ввести величину P_{ij} , принимающую значения 0 и 1. Величина характеризует необходимость установки поста в зоне:

$$P_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– в зоне следует разместить пост;} \\ 0 & \text{– в зоне не следует размещать пост.} \end{cases}$$

Таким образом, решение сводится к нахождению вектора значений P_{ij} и построению списка зон, в центрах которых предполагается установить посты наблюдения.

Для решения поставленной задачи в [4] предлагается определить совокупное загрязнение, создаваемое в центре каждой

зоны всеми источниками на основе данных о мощности источников и данных о направлении и скорости ветра. Физическим смыслом мощности источника загрязнения является, по сути, скорость выброса загрязняющего вещества в атмосферу. Загрязнение, создаваемое в точке с координатами x, y λ -м источником, определяется как функция мощности источника и вклада единичного источника, помещенного в начало координат, с учетом направления и скорости ветра:

$$q_{\lambda}(x, y) = Q_{\lambda} f(x - x_{\lambda}, y - y_{\lambda}), \lambda = 1, \dots, N, (1)$$

где Q_{λ} – мощность источника загрязнения, г/с; $f(x - x_{\lambda}, y - y_{\lambda})$ – загрязнение от единичного источника, помещенного в начало координат, г/с.

С учетом преобладающих метеорологических условий определяется математическое ожидание концентрации вещества в точке с координатами x, y от каждого из N источников:

$$\bar{q}_{\lambda}(x, y) = \sum_{\lambda=1}^N \sum_{i=1}^K Q_{\lambda} f(x - x_{\lambda}, y - y_{\lambda}; c_i, \alpha_i) \varphi(\alpha_i, c_i), (2)$$

где c – скорость ветра, м/с; α – направление ветра; $\varphi(\alpha_i, c_i)$ – плотность их совместного распределения вероятностей, $c^{-1} \cdot m^{-2}$.

Предложенный алгоритм учитывает загрязнение атмосферы одним веществом, в то время как при мониторинге состояния окружающей среды в городе Зеленограде рассматривается загрязнение совокупностью основных примесей, среди которых оксид азота, диоксид азота, сернистый ангидрид, бензин, свинец, формальдегид и др. В этом случае мощность источника загрязнения задается не одним значением, а вектором значений мощности для каждого вещества. Таким образом, существует проблема перехода от многокритериальной задачи к однокритериальной. При этом необходимо учитывать тот факт, что примеси имеют разную вредность и использовать в качестве параметра мощность источника как валовый выброс (как сумму мощностей одного источника по всем примесям) нецелесообразно, поэтому для перехода к однокритериальной задаче предлагается использовать категории опасности предприятия (КОП). Такие категории рассчитываются по следующей формуле:

$$КОП = \sum_{i=1}^m КОВ_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i},$$

где $КОВ_i$ – категория опасности i -го вещества, $m^3/с$; M_i – скорость выброса i -й примеси в

атмосферу (имеет тот же смысл, что и мощность источника по одной примеси Q_i), м/с; $ПДК_i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация ($ПДК$) i -го вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м³; α_i – безразмерная константа, предназначенная для соотношения вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы.

Значения категории опасности предприятия рассчитываются, если выполняется условие

$\frac{M_i}{ПДК_i} > 1$, иначе такие значения приравниваются к нулю.

При решении задачи параметр Q_{λ} следует заменить на $КОП_{\lambda}$, что не должно привести к некорректному решению. Подставим значение КОП в формулу (2). Тогда для каждой элементарной зоны определяются величины $Z_{\lambda ij}$, характеризующие видимость λ -го источника в зоне с координатами центра x_{ij}, y_{ij} :

$$Z_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{воздействие источника} \\ \text{наблюдается в зоне;} \\ 0 - \text{воздействие источника} \\ \text{не наблюдается в зоне.} \end{cases}$$

Для каждой зоны необходимо определить величину A_{ij} , характеризующую число источников, воздействие которых наблюдается в этой зоне. Согласно [4], источник считается наблюдаемым, если величина, рассчитанная по формуле (2), превышает некое пороговое значение δ , равное $0,1ПДК$. При наличии нескольких загрязнителей данный критерий нельзя использовать, поэтому предлагается определить значение δ так:

$$0,1 \cdot \frac{\sum_{i=1}^m ПДК_i \cdot \alpha_i}{m \bar{\alpha}_i}.$$

Величина A_{ij} определяется как сумма:

$$A_{ij} = \sum_{\lambda=1}^N Z_{\lambda ij}.$$

В качестве целевой функции рассматривается среднее количество источников загрязнения, наблюдаемых в одной зоне:

$$F = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{ij} P_{ij}.$$

Величины P_{ij} принимают значения, равные 0 или 1. Необходимо найти набор величин P_{ij} , составляющих максимум этой функции при некоторых дополнительных условиях.

Очевидно, что оптимальное решение гарантированно достигается путем полного

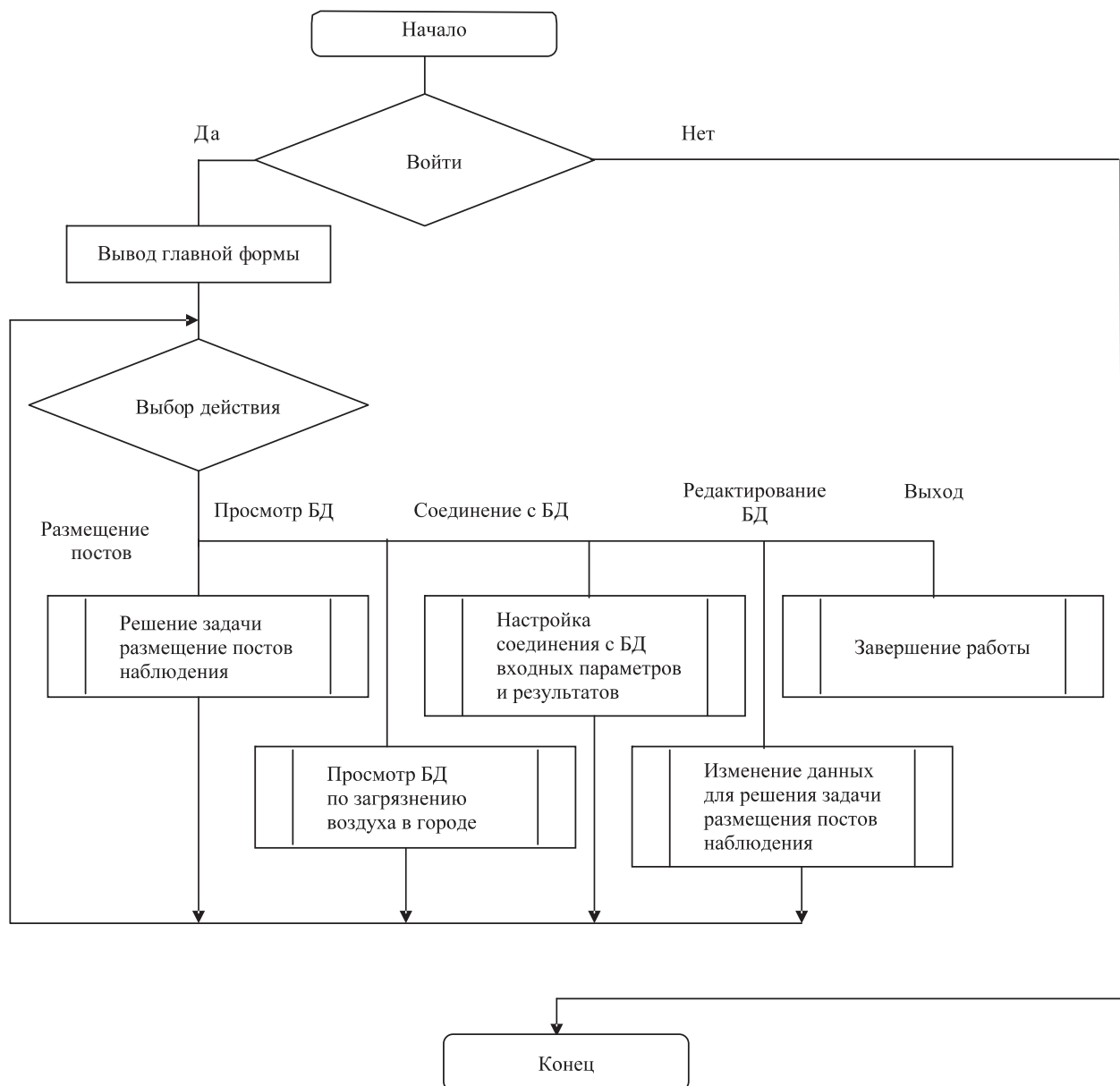
перебора всех возможных вариантов размещения постов, однако даже при сравнительно небольшом количестве элементарных зон решение задачи невозможно за приемлемое время. Следовательно, целесообразно рассматривать методы сокращенного перебора, поиска приближенного решения или поиска субоптимального решения, которые следует реализовать разрабатываемым ПО. Выходные данные (результат решения) представлены списком элементарных зон, в которых рекомендуется разместить посты наблюдения, указать координаты центров этих зон. Для оптимальной работы программного обеспечения спроектирована и создана локальная база данных (БД), содержащая сведения об

источниках загрязнения воздуха в городе Зеленограде, рассматриваемых примесях и элементарных зонах. Программное обеспечение отвечает за просмотр и ведение БД, в частности за автоматический пересчет величин, участвующих в расчете, при внесении изменений в БД. Манипулирование данными должно производиться путем выполнения динамически формируемых запросов на языке SQL.

Укрупненная блок-схема алгоритма работы ПО представлена на рисунке.

Выводы

Задача размещения постов наблюдения за экологической обстановкой в городе, в частности за состоянием загрязнения атмосферы, представляет интерес при



Укрупненная блок-схема алгоритма работы программного обеспечения

разработке систем экологического мониторинга, а от эффективности ее решения зависит репрезентативность полученных данных, что в свою очередь влияет на процесс принятия решений в области природопользования и защиты окружающей среды.

1. **Безуглая Э. Ю.** Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 200 с.

2. **Безуглая Э. Ю.** Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 184 с.

3. **Экологический мониторинг окружающей среды** / Ю. А. Комиссаров [и др.]. – М.: Химия, 2005. – Т.1. – 362 с.

4. **Петрова Т. М.** Разработка математической модели функционирования системы наблюдения, контроля и регулирования загрязнения атмосферы: дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Волгоград, 1997. – 115 с.

Материал поступил в редакцию 18.05.10.

Кольцова Ольга Владимировна, аспирантка

Тел. 8-909-683-99-96

E-mail: olgakoltsowa@mail.ru

Теплова Яна, аспирантка

Тел. 8-903-016-95-91

УДК 502/502:631.587:626.82:003.12

Ю. Ф. СНИПИЧ

Федеральное государственное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

ВЫБОР И ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ОРОШЕНИЯ

Предложена методика выбора направлений восстановления внутрихозяйственной мелиоративной сети, позволяющая оценить для данного участка наиболее эффективные дождевальные машины (ДМ) с учетом наличия существующей сети, финансовых возможностей заказчика, выбора способа орошения и т. д. Оценку выбранного способа восстановления внутрихозяйственной мелиоративной сети предлагается проводить по трем показателям: ресурсным, технологическим, комплексным.

Внутрихозяйственная мелиоративная сеть, дождевальные машины, ресурсные, технологические и комплексные показатели.

The choice procedure of directions of restoration of farm reclamation systems is proposed which allows to assess the most effective sprinkling machines from the existing types for the particular area, the procedure takes into account the available network, customer's financial resources, choice of irrigation method etc. Assessment of the chosen method of restoration of a farm reclamation system is proposed to carry out according to three factors: resources, technological and integrated.

Farm reclamation network, sprinkling machines, resources, technological and integrated factors.

В конце 90-х годов прошлого столетия в специальной литературе стал часто встречаться термин «технология орошения», при этом четкого толкования этому термину не давалось. Под этим определением зачастую рассмат-

ривались способы и техника полива в целом, разделение их по видам в зависимости от природно-климатических условий орошаемых территорий, выбор в зависимости от видов возделываемых культур и т.д.