

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ РЕГИОНА

Представлено информационную систему мониторинга техногенных загрязнений водной среды региона. Алгоритм реализован в среде программирования Microsoft Visual Studio 6.0, где использован универсальный пакет MathCad, позволяющий производить математические расчеты.

Моделирование как один из наиболее распространенных способов изучения различных процессов и явлений, в настоящее время развивается в двух направлениях: физическое моделирование и математическое моделирование.

При физическом моделировании модель воспроизводит изучаемый процесс с сохранением его физической природы. Под термином «математическое моделирование» часто понимают не только построение и исследование математических моделей, но и создание вычислительных алгоритмов и программ, реализующих эти алгоритмы на компьютере. Будем понимать под мониторингом многоцелевую информационную систему (ИС), основные задачи которой – наблюдение, оценка и прогноз состояния природной среды.

Методы математического моделирования являются эффективным средством при изучении экосистем в динамике, позволяют совершенствовать процессы сбора и хранения исходной информации. В связи с этим задача мониторинга распространения возможных загрязнений является актуальной.

Использование ИС для организации мониторинга экологических процессов дает возможность получения промежуточных результатов на любом этапе, представляющем интерес для исследователя. Предметом исследования была выбрана водная система Пензенской области.

ИС включает базу данных, отражающую специфику водной системы региона, и реализацию алгоритмов мониторинга на графах, позволяющих предоставлять и обрабатывать информацию об объектах и их связях.

Задача мониторинга распространения возможных загрязнений решалась в нескольких направлениях. Анализ различных вариантов массопереноса показал необходимость рассмотрения следующих случаев: когда массоперенос определяется преимущественно диффузией вещества; одновременного влияния конвективной и диффузионной составляющих массопереноса; преимущественного конвективного массопереноса.

Для каждого случая возможного распространения ЗВ нами рассмотрены одно-, двух- и трехмерные математические модели.

Рассмотрим 1-й случай, учитывающий диффузию вещества.

Предположим, что загрязнение происходит от некоторого источника с заданным, известным количеством загрязняющего вещества в точечном источнике (негерметичный бак, ящик или контейнер с ЗВ, попавший в водоем). Этой ситуации соответствует задача диффузии с заданной постоянной концентрацией ЗВ. Возможно возникновение другой экологической ситуации, когда в водную систему попадает ограниченный объем ЗВ, например, при «залповых» выбросах. В этом случае необходимо решение задачи диффузии из точечного источника с известной концентрацией ограниченного массива вещества.

В случае, когда в некоторой точке водоема находится источник загрязнения, продуцирующий в водную среду в каждый момент времени известное количество ЗВ, имеет место диффузия ЗВ с «постоянно действующим» источником загрязнений. Техническая ситуация, соответствующая данной задаче, достаточно распространена, например, когда производится постоянный сброс ЗВ через некоторую «трубу» в стоячий водоем.

Представляет практический интерес ситуация, когда попадание ЗВ в водоем происходит в плоской среде, на некотором участке границы водоема. Этот случай достаточно распространен, например, при сбросах ЗВ в обширный водный массив (водохранилище, море, большое озеро и т.п.). Рассматривается случай, когда на участке границы находится постоянно действующий источник с плотностью $p(x, t)$, а начальная концентрация ЗВ в пространстве равна нулю.

Возможна ситуация, когда в водоеме действует источник загрязнения постоянной мощности, выделяющий в единицу времени некоторое количество ЗВ. Естественно предположить, что распространение примеси в данной ситуации происходит симметрично во всех направлениях.

При попадании в водоем фиксированного (ограниченного) количества ЗВ задачу о его распространении можно решить, перейдя к случаю мгновенного источника.

Структурная схема, соответствующая рассмотренным моделям, представлена на рис. 1.

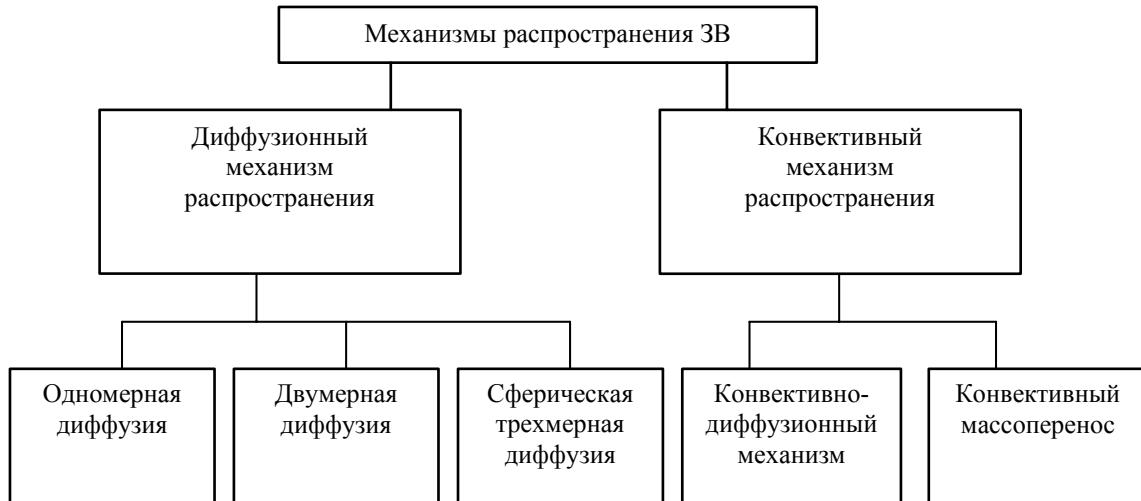


Рис. 1. Структурная схема механизмов распространения ЗВ

Математические модели, используемые в информационной системе, представляют собой уравнения математической физики, описывающие процессы диффузионного, диффузионно-конвективного и конвективного массопереноса. Начальные и граничные условия для реализации каждой модели подобраны в соответствии с технологической ситуацией и постановкой задачи. Методы решения основаны на интегральных преобразованиях с использованием интегралов Пуассона, а также конечно-разностных схем.

Исходные данные для расчетов вводятся с клавиатуры и выбираются из базы данных (БД), положенной в основу информационной системы и разработанной в среде MS Access. БД содержит информацию о водных ресурсах региона и предельно допустимых концентрациях ЗВ в водоемах различного назначения.

Результаты расчетов представляются в виде двух-, трехмерных графиков и таблиц.

После запуска программы пользователю предоставляется возможность выбора региона. В соответствии с выбором загружается карта региона.

Графический интерфейс ИС содержит рабочую область и две панели:

1) панель инструментов (сверху), позволяющую отображать вершины стоков, истоков и контрольных точек выбранного региона, а также рисовать и удалять вершины и ребра графа.

2) информационную панель (справа), отображающую данные выбранного ребра или вершины. При помощи этой панели также возможно редактирование данных выбранной вершины или ребра. Измененные данные будут сохранены только при нажатии кнопки Update на этой панели информации.

На графической области отображается карта местности и соответствующие ей вершины и ребра графа (рис. 2).

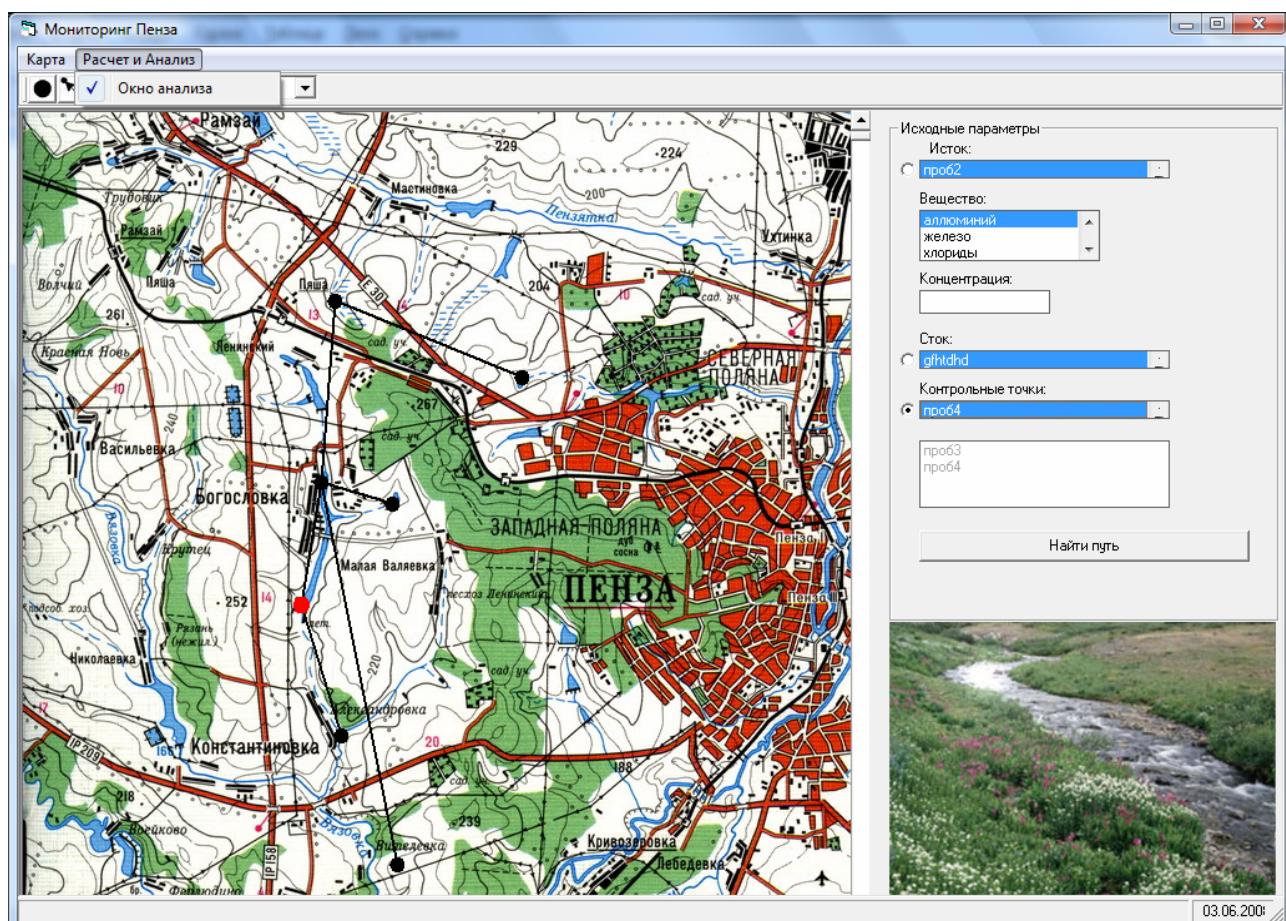


Рис. 2. Экранная форма для ввода и редактирования исходных данных

Структура ИС состоит из следующих подсистем (компонентов):

- 1) интерфейсной подсистемы;
- 2) компонента редактирования БД водных ресурсов;
- 3) графического редактора водных ресурсов;
- 4) компонента расчета и анализа распространения ЗВ в водной среде;
- 5) подсистемы управления БД.

Интерфейсная подсистема включает в себя внешнюю оболочку, которая объединяет все компоненты, предназначенные для выполнения различных функций программы. Разработанная форма редактирования БД, содержащая поля свойств объекта, позволяет редактировать данные, добавлять или удалять объекты.

Графический редактор графов – это альтернативный инструмент для редактирования структуры графа речной сети. Такой способ более нагляден. Редактор графов содержит минимальный набор функций: добавление, удаление вершин и ребер графа, выделение объектов.

Компонент расчета и анализа распространения ЗВ в водной среде обеспечивает задание начальных параметров для расчета и анализа. К их числу можно отнести места сброса ЗВ (исток), контрольные точки, где необходимо установить значения концентраций ЗВ, сток (условная точка, в направлении к которой будет стремиться вещество), а также значение концентрации ЗВ в месте сброса.

Графический редактор отображает кратчайший путь в ориентированном графе от истока к стоку через контрольные точки, а также значения концентраций в каждой вершине этого пути.

С нажатием кнопки «Расчет» реализуется функция поиска пути от истока к стоку через контрольные точки, и открывается форма для расчета концентрации для первого указанного участка (рис. 3).

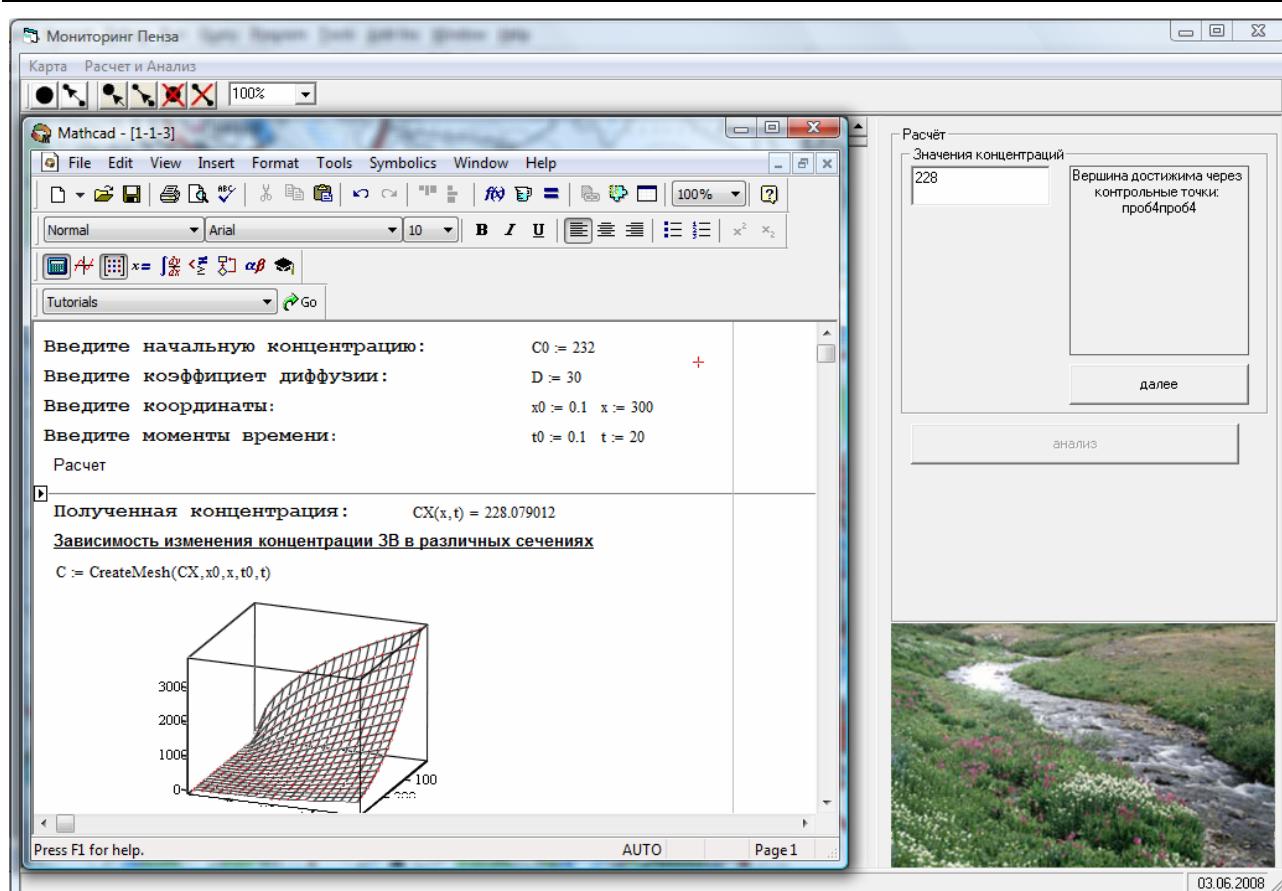


Рис. 3. Расчет концентрации ЗВ на конкретном участке

Если сток не достигнут, то при нажатии кнопки «Далее» открывается форма расчета для следующего участка. Промежуточные значения концентраций ЗВ заносятся на каждом шаге вычислений в соответствующие окна анализа. При достижении стока предлагается сравнить полученное значение концентрации с ПДК данного вещества нажатием кнопки «Анализ». Результат выводится в той же экранной форме.

Алгоритм реализован в среде программирования Microsoft Visual Studio 6.0, которая поддерживает работу с базами данных Access, что в значительной мере упрощает работу с прикрепленными БД, хранящими информацию о водных объектах области, химических элементах и ЗВ, ПДК. В ходе выполнения программы был использован универсальный пакет MathCad, позволяющий производить математические расчёты.

ИС позволяет на основе полученных данных оценить экологическое состояние водной системы региона, что осуществляется вызовом форм анализа с внедрёнными расчёты и графическими представлениями результатов.

Информационная система мониторинга техногенных загрязнений водной среды предназначена для проведения расчётов экологами и специалистами, эксплуатирующими водные объекты конкретного региона, и являются необходимыми при планировании организационно-технических мероприятий в зонах возможного возникновения загрязнений.