

Минина Анастасия Андреевна

МЕТОД ИТЕРАТИВНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПРИМЕСИ В  
ВОДНОМ ОБЪЕКТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

Специальность: 05.11.16 - Информационно-измерительные и управляющие  
системы (приборостроение)

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2011

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете “ЛЭТИ” им. В.И. Ульянова (Ленина).

**Научный руководитель**

кандидат технических наук, доцент  
Куракина Наталия Игоревна

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор  
Кондрашкова Галина Анатольевна  
кандидат технических наук, доцент  
Садыкова Елена Владимировна

**Ведущая организация**

Российский государственный гидрометеорологический университет

Защита диссертации состоится “21” декабря 2011 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.06 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета “ЛЭТИ” имени В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5, ауд. 5108.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан “17” ноября 2011 г.

Учёный секретарь совета,  
к.т.н., доцент

Боронахин А.М.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность диссертационного исследования**

Одна из важнейших проблем, которая стоит перед человечеством в условиях усиленного антропогенного воздействия на водные экосистемы, - проблема "чистой воды". Вода занимает особое положение среди природных богатств Земли - она незаменима. К истощению водных ресурсов ведет не только рост расходуемой воды, но и ее загрязнение.

Проблема загрязнения воды, водных объектов (ВО) стала важнейшей международной задачей, а необходимость охраны водной среды от загрязнений диктуется требованиями рационального использования природных ресурсов. Для ее решения очевидна актуальность проведения мониторинга водных объектов.

Современные подходы к мониторингу базируются, преимущественно, на результатах прямых наблюдений и измерений. Поэтому вопросы организации мониторинга, выбора технических средств, методов проведения измерительного эксперимента, повышение точности и эффективности измерений являются ключевыми в организации рационального водопользования и регулировании антропогенных воздействий. Для получения объективной информации об экологическом состоянии водного объекта следует регулярно проводить серии измерений концентраций различных веществ, накапливать статистические данные, максимально охватывая все пространство исследуемого водного объекта.

В силу пространственной протяженности водных объектов и наличия постоянно меняющихся факторов, влияющих на их состояние и экологию, требуются специальные подходы к построению систем мониторинга. Целесообразно создавать их с использованием геоинформационных систем (ГИС). ГИС позволяют собирать, обрабатывать и хранить пространственные данные о водном объекте, наглядно отображать их, а также предоставлять оперативную информацию о ходе и результатах мониторинга на карте.

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки метода, позволяющего сократить количество проводимых измерений при мониторинге водного объекта с сохранением достоверности результатов, повышать эффективность мониторинга и проводить метрологический анализ результатов контроля.

**Целью данной диссертационной работы** является разработка и исследование метода итеративных измерений концентраций примеси, обеспечивающего оценку состояния водного объекта и уменьшение объема измерений на базе геоинформационных систем.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ и выбрать модели полей концентраций загрязняющего вещества (ЗВ), учитывающие диффузионные и конвективно-диффузионные процессы в водном объекте;
- разработать метод проведения измерений, обеспечивающий ведение мониторинга рассматриваемого участка водного объекта и сокращающий объем измерений концентраций примеси;
- провести метрологический анализ для оценки точности результатов измерений концентраций примеси;
- рассмотреть влияние неадекватности выбранной модели на точность, получаемых результатов измерений концентраций примеси;
- оценить эффективность предлагаемой процедуры измерений концентраций примеси;
- разработать структуру априорных знаний, используемую при синтезе итеративной процедуры измерений концентраций примеси в геоинформационной системе.

**Основными методами исследования** при решении поставленных задач явились методы математического моделирования, методы теории вероятностей и статистической обработки данных, методы метрологического анализа, организации баз данных и геоинформационного моделирования.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Метод итеративных измерений концентраций примеси при учете диффузионных и конвективно-диффузионных процессов, позволяет по минимальному числу отбора проб (измерений) определять местоположение источника загрязнения, его интенсивность и вычислять концентрации в других точках анализируемого участка водного объекта;
2. Процедура комбинированного метрологического анализа, дает возможность оценивать влияние погрешностей результатов первичных измерений концентраций и изменения внешних факторов на результаты определения характеристик источника загрязнения и на результаты последующего контроля;
3. Способ оценки адекватности используемой модели, позволяет определить влияние выбранной модели на точность получаемых результатов.

#### **Научная новизна результатов работы**

1. Разработан метод итеративных измерений концентраций примеси, позволяющий по минимальному числу отбора проб (измерений) определять местоположение источника загрязнения и его интенсивность и вычислять концентрации в других точках анализируемого участка водного объекта при учете диффузионных и конвективно-диффузионных процессов;

2. Сформирована процедура измерений концентраций, применимая к различным водным объектам, с учетом их особенностей и формализующая метод итеративных измерений концентраций примеси;
3. Разработана процедура комбинированного метрологического анализа, позволяющая оценить влияние погрешностей результатов первичных измерений концентраций и изменения внешних факторов на результаты определения характеристик источника загрязнения и на результаты последующего контроля;
4. Разработан способ оценки адекватности используемой модели, позволяющий определить влияние выбранной модели на точность получаемых результатов.

**Достоверность научных положений и выводов** подтверждена сходимостью теоретических результатов с данными машинного эксперимента и имитационного моделирования, корректным применением методов обработки данных.

**Практическая значимость полученных результатов исследований** состоит в возможности использования разработанного метода итеративных измерений концентраций для сокращения числа измерений концентраций примеси применительно к различным водным объектам с учетом их особенностей, что позволит снизить материальные затраты и временные ресурсы.

Разработанная в процессе исследований процедура комбинированного метрологического анализа может быть использована и для более сложных моделей, максимально приближенных к реальным водным объектам.

Проведены исследования влияния погрешностей результатов первичных измерений концентраций и внешних факторов на результаты определения характеристик источника загрязнения и результаты последующего контроля.

Предложенная структура априорных знаний, используемая при синтезе итеративной процедуры измерений в ГИС, дает возможность реализовать метод итеративных измерений.

Средствами ГИС разработан дополнительный модуль для создания модели водного объекта и программные модули, реализующие метод итеративных измерений концентраций примеси, которые могут быть применены к различным водным территориям с учетом их гидрографических характеристик.

**Реализация и внедрение результатов исследований.** Результаты исследований использовались при выполнении научно-исследовательских работ 2009-2011 гг. № У-2009-3/7 и № У-2011-2/7 «Разработка системы оценки загрязненности водоемов с использованием геоинформационных технологий» в рамках программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Результаты работы внедрены в научной и практической деятельности Балтийской морской дирекции по техническому обеспечению и

надзору на море, в учебный процесс на кафедре информационно-измерительных систем и технологий СПбГЭТУ «ЛЭТИ», при обучении магистров по дисциплине «Интегрированные измерительные системы на базе ГИС технологий». Разработанные положения и научные результаты нашли применение в ООО «Гидроэконорма».

**Апробация работы.** Результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях и конгрессах:

- международной конференции «Информационные технологии как основа управления в сфере природопользования и охраны окружающей среды» (2007 г.);
- международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (2009 г.);
- международном конгрессе «Транспортно-коммуникационная система Арктики в геополитическом взаимодействии и управлении регионами в условиях чрезвычайных ситуаций» (2009 г.);
- международном конгрессе «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов России» (2010 г.);
- международной конференции «50 лет развития образования и просвещения для формирования будущего океанов и прибрежных территорий» (2010 г.);
- международной научно-практической конференции «Измерения в современном мире – 2011» (2011 г.);
- IV Школе-конференции молодых ученых с международным участием (2011 г.);
- 7-й и 9-й научно-практических конференциях пользователей ГИС Северо-Западного региона России (2007, 2008 гг.);
- выставке научно-технического творчества молодежи Санкт-Петербурга (2008 г.);
- конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (2006 - 2011 гг.).

**Публикации.** Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 31 работе, среди которых 3 публикации в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК, 27 в научных сборниках и трудах российских и международных конференций. По вопросам близким тематике диссертационной работы написано учебное пособие.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 102 наименования, и приложений. Работа изложена на 134 страницах машинопечатного текста, включает 6 таблиц, 37 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность и цель работы, определены задачи, показана научная новизна и практическая значимость.

**В первой главе** рассмотрены вопросы организации мониторинга водного объекта, выбора объекта исследования и вида источника загрязнений.

Проведен обзор подходов к созданию систем мониторинга водных объектов, при этом выявлено, что традиционные методы контроля характеризуют загрязнение водного объекта только в месте отбора проб, опираясь на результаты прямых наблюдений и измерений. Таким образом, для достоверного мониторинга необходимо осуществлять измерения концентраций в максимально возможном числе точек отбора, охватывая все пространство водного объекта.

Для сокращения объема измерений концентраций примеси требуется разработать метод измерений, который позволил бы определять характеристики источника загрязнения и концентрации в других точках отбора, не прибегая к прямым измерениям.

Предложена организация мониторинга на базе геоинформационных систем, позволяющих работать с пространственно-привязанными данными, и объединять состояние, структуру и процессы, протекающие в водном объекте.

По проведенному анализу моделей распространения концентраций примеси загрязняющего вещества, обоснован выбор двумерных моделей распространения примеси, основанных на теории «мелкой воды» и учитывающих особенности и характеристики объекта, выбранного для апробации решаемых задач Невской губы. Исследованы гидрографические характеристики анализируемого объекта.

Показано, что повышенная антропогенная нагрузка на Невскую губу обуславливает необходимость систематического проведения мониторинга с целью обнаружения виновников загрязнения и концентраций в требуемых точках отбора. На основе проведенного анализа были выявлены характерные для объекта исследования источники загрязнения и загрязняющие вещества. Обосновано рассмотрение точечных, непрерывно действующих источников консервативной примеси.

**Вторая глава** посвящена разработке метода измерений концентраций примеси и формированию процедуры измерений. Для этого исследованы зависимости, связывающие концентрацию примеси, определенную в месте отбора проб, с интенсивностью источника загрязнения и его координатами для двух случаев: при учете только диффузионных процессов распространения загрязняющего вещества на анализируемом участке водного объекта и при учете конвективно-диффузионных процессов, что позволяет определять местоположение (координаты), интенсивность источника загрязнения и вычислять концентрации в других точках отбора.

Предложены двумерные модели распространения примеси на основе теории «мелкой воды». При этом рассматривается безграничное, бесконечное пространство водного объекта и в этом пространстве выделяется участок, в пределах которого предположительно функционирует один непрерывно

действующий точечный источник примеси интенсивности  $\Psi$ , режим установившийся. Коэффициенты горизонтальной диффузии и течения считаются постоянными. При этом значения фоновых концентраций определены.

Модель, учитывающая только диффузионные процессы распространения загрязняющего вещества на анализируемом участке водного объекта, имеет вид

$$C(x_i, y_j) = \frac{h_0 \cdot \Psi}{4 \cdot \pi \cdot \sqrt{K_x \cdot K_y} \cdot \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_j)^2}}, \quad (1)$$

где  $C(x_i, y_j)$  - значение концентрации примеси;  $\Psi = \Psi(x, y)$  - интенсивность источника;  $(x, y)$  - координаты источника;  $(x_i, y_j)$  - координаты пункта отбора проб;  $K_x, K_y$  - коэффициенты горизонтальной диффузии;  $h_0$  - глубина исследования.

Модель, учитывающая конвективно-диффузионные процессы распространения загрязняющего вещества на анализируемом участке водного объекта, имеет вид

$$C(x_i, y_j) = f(\alpha) \cdot S_\alpha \cdot \frac{h_0 \cdot \Psi}{4 \cdot \pi \cdot \sqrt{K_x \cdot K_y} \cdot \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_j)^2}}, \quad (2)$$

где  $S_\alpha = \frac{\pi}{\alpha_{пред}}$  - коэффициент направленности распространения концентрации примеси ЗВ;  $f(\alpha)$  - функция распределения концентрации примеси ЗВ в зависимости от угла  $\alpha$ , причем эта функция удовлетворяет условию  $\int_{-\alpha_{пред}}^{+\alpha_{пред}} f(\alpha) d\alpha = 1$ .

Если скорость течения  $V_\kappa$  превышает скорость распространения примеси за счет диффузии  $V_\delta$  ( $V_\kappa > V_\delta$ ), то увеличение концентрации исследуемого вещества, поступающего от источника примеси, будет иметь место в пределах углового сектора, характеризующегося предельным углом  $\alpha_{пред}$  ( $-\alpha_{пред} < \alpha < \alpha_{пред}$ ) (рис. 1).

Предельный угол  $\alpha_{пред}$  может быть определен следующим образом:

$$\alpha_{пред} = \arctg\left(\frac{V_\delta}{V_\kappa}\right).$$

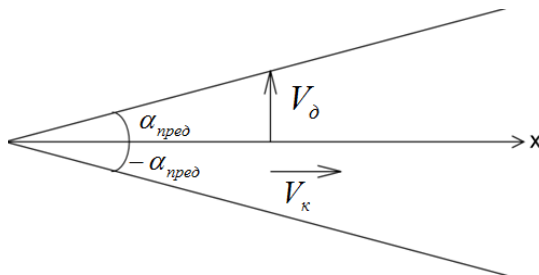


Рисунок 1 - Распространение примеси ЗВ от источника примеси, при наличии конвекции, обусловленной течением



Значения концентрации внутри данного сектора в установившемся режиме зависят от угла  $\alpha$  и  $f(\alpha)$  внутри углового сектора  $\alpha$ .

На основе моделей, связывающих концентрацию загрязняющего вещества, определенную в месте отбора проб, с интенсивностью источника загрязнения и его координатами, разработан метод итеративных измерений концентраций примеси на анализируемом участке водного объекта при учете диффузионных и конвективно-диффузионных процессов распространения загрязняющего вещества, позволяющий сократить объем измерений концентраций примеси.

Согласно предлагаемому методу, определение интенсивности источника примеси, а также его местоположение возможно на основе решения системы аналитических уравнений вида (1) (при учете только диффузионных процессов) или (2) (при учете конвективно-диффузионных процессов). Для решения системы необходимо знание концентраций в точках отбора проб с известными координатами, что приводит к необходимости измерений в этих точках. Исследования проводятся на участке водного объекта, где было зафиксировано превышение предельно допустимых концентраций загрязняющего вещества. На базе измеренных значений концентраций примеси вычисляются интенсивность источника ( $\Psi$ ) и его координаты ( $x, y$ ). По найденным в системе характеристикам источника определяются концентрации в других точках отбора проб водного объекта, на основе уравнений (1) или (2).

На базе описанного выше метода, разработано уравнение итеративных измерений концентрации примеси загрязняющего вещества, что позволяет оценить состояние водного объекта при учете его особенностей. По данному уравнению оценивается состояние водного объекта при ограниченном числе измерений концентраций примеси.

Уравнение измерений концентрации примеси выглядит следующим образом:

$$C_{sj2}^*(x_{sj}, y_{sj}) = R_{C2} R_{\Psi, x\Psi, y\Psi} \left\{ R_{C1} C_{ij}, R_x x_{ij}^*, R_y y_{ij}^* \right\}_{i=1}^I / (x_{sj}^*, y_{sj}^*), \quad (3)$$

где  $x_{sj}^*, y_{sj}^*$  - координаты мест определения концентраций примеси на второй итерации;  $R_{C1}, R_x, R_y$  - измерительное преобразование, положенное в основу определения концентраций примеси и координат отбора проб, соответственно, при первичных измерениях;  $x_{ij}^*, y_{ij}^*$  - координаты мест отбора проб при первичных измерениях концентраций примеси;  $R_{\Psi, x\Psi, y\Psi}$  - измерительное преобразование, положенное в основу определения характеристик источника (интенсивности и координат);  $R_{C2}$  - измерительное преобразование (модель), положенная в основу вычисления концентраций примеси в  $s$ -м пункте отбора проб, уравнение вида (1), либо (2).

Таким образом, формализована процедура измерений концентраций примеси.

Связь концентрации с характеристиками источника загрязнения может быть установлена и для более сложных моделей, максимально приближенных к реальным водным объектам, при этом идея метода и процедура итеративных измерений сохраняются.

**В третьей главе** разработана процедура комбинированного метрологического анализа (расчетно-имитационного метрологического анализа), и исследовано влияние погрешностей результатов первичных измерений концентраций и внешних факторов на результаты определения характеристик источника загрязнения и результаты последующего контроля при учете только диффузионных и конвективно-диффузионных процессов распространения загрязняющего вещества.

Для проведения комбинированного метрологического анализа необходимо наличие априорных знаний (АЗ), на основе которых рассчитываются погрешности определения концентраций, а также координат, коэффициентов диффузии и скоростей течений. Данный расчет проводится на основе паспортных данных измерительных средств, что позволяет сформировать априорную информацию, необходимую для выполнения комбинированного метрологического анализа.



Рисунок 2 – Процедура комбинированного метрологического анализа

Заданные распределения погрешностей результатов первичных измерений различных параметров, границы которых указаны в АЗ, моделируются методом Монте-Карло, позволяющим оценить вероятностные характеристики погрешностей.

При проведении комбинированного метрологического анализа (рис. 2) на первой итерации осуществляется расчет на основе системы уравнений вида (1) или (2) вероятностных характеристик абсолютных погрешностей интенсивности источника загрязнения и его координат и определяются их распределения. На второй итерации по установленным распределениям абсолютных погрешностей интенсивности и координат на основе выражений (1) или (2) определяются вероятностные характеристики абсолютных погрешностей концентраций, рассчитанных в других точках анализируемого участка водного объекта.

Проведенный анализ показал, что погрешность определения концентраций примеси на второй итерации зависит от величины погрешностей результатов первичных измерений концентраций. С их ростом увеличивается среднеквадратическое отклонение абсолютной погрешности концентраций, полученных при итеративных измерениях.

Показано также, что вклад погрешности определения коэффициентов диффузии незначителен по сравнению с влиянием погрешностей других внешних факторов. В тоже время большое влияние на точность получаемых результатов оказывает погрешность измерения скорости течений.

Таким образом, разработанный метод итеративных измерений концентраций примеси позволяет при неизвестных местоположении и интенсивности источника определять концентрации в фиксированных точках анализируемого участка ВО.

**В четвертой главе** рассмотрены вопросы, касающиеся влияния неадекватности выбранной модели, положенной в основу итеративных измерений, на точность получаемых результатов, а также вопросы эффективности процедуры итеративных измерений концентраций примеси в водном объекте. Разработана структура априорных знаний, используемая при синтезе итеративной процедуры измерений в геоинформационной системе, и реализован метод итеративных измерений концентраций в ГИС, на примере Невской губы.

Все факторы, влияющие на неадекватность выбранной модели учесть нельзя. В исследованиях было принято решение при оценке влияния неадекватности применяемой модели на точность получаемых результатов обратиться к рассмотрению таких ситуаций, когда:

- выбрана модель поля концентраций примеси в предположении, что источник загрязнения один, а на самом деле источников два;
- выбрана модель поля концентраций примеси для двух источников загрязнения, а на самом деле источник один.

Проделанные исследования показали, что если вероятность того, что источник не один высока, то необходимо брать модель для двух, трех и более источников, так как в противном случае погрешности из-за неадекватности модели поля концентраций будут значительными.

Рассмотрены вопросы эффективности процедуры итеративных измерений, применительно к числу измерений концентраций примеси. Эффективность предлагаемой процедуры измерений заключается в том, что нет необходимости проводить детальное обследование области, окружающей выявленный источник, достаточно по трем совместным измерениям концентраций определить интенсивность источника и его местоположение, а далее определять концентрации в других точках водного объекта на основе моделей полей концентраций. Таким образом, эффективность итеративной процедуры будет определяться отношением числа замеров концентраций при осуществлении мониторинга известным, давно практикуемым методом, к числу измерений, необходимому для осуществления итеративных измерений.

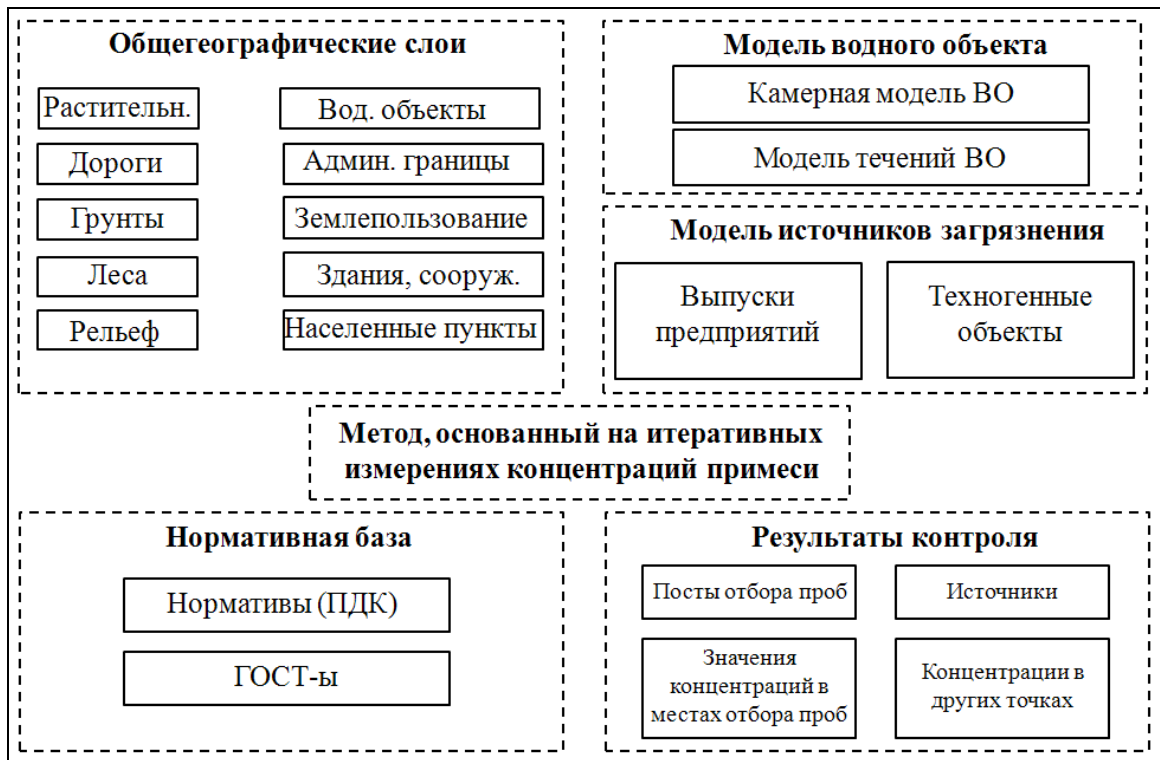


Рисунок 3 – Структура априорных знаний, используемая при синтезе итеративной процедуры измерений концентраций примеси в ГИС

Разработанная структура априорных знаний (рис. 3), используемая при синтезе итеративной процедуры измерений в ГИС позволяет реализовать метод итеративных измерений концентраций примеси для любого водного объекта, при учете его особенностей, интегрировать пространственную информацию и характеристики качества воды, учитывать модели водного объекта, источников загрязнений, визуализировать результаты контроля на карте и при необходимости,

оперативно предоставлять их лицу, принимающему решения с целью выработки рекомендаций по рациональному природопользованию.

На основе разработанной структуры априорных знаний, реализован метод итеративных измерений концентраций примеси, в геоинформационной системе ArcGIS ArcInfo 9.3 на примере участка Невской губы (рис. 4).

Средствами ГИС разработан дополнительный модуль для создания модели водного объекта, который может быть применен к различным водным территориям, с учетом их гидрографических характеристик.

По многолетним наблюдениям Санкт-Петербургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и литературным источникам построена модель течений Невской губы.

Разработаны программные модули, реализующие метод итеративных измерений концентраций примеси, позволяющие вводить данные измерений концентраций и осуществлять расчеты характеристик источника загрязнения, а также при необходимости концентраций в других точках анализируемого участка Невской губы, обращаясь при этом к разработанной на основе структуры априорных знаний базе данных.

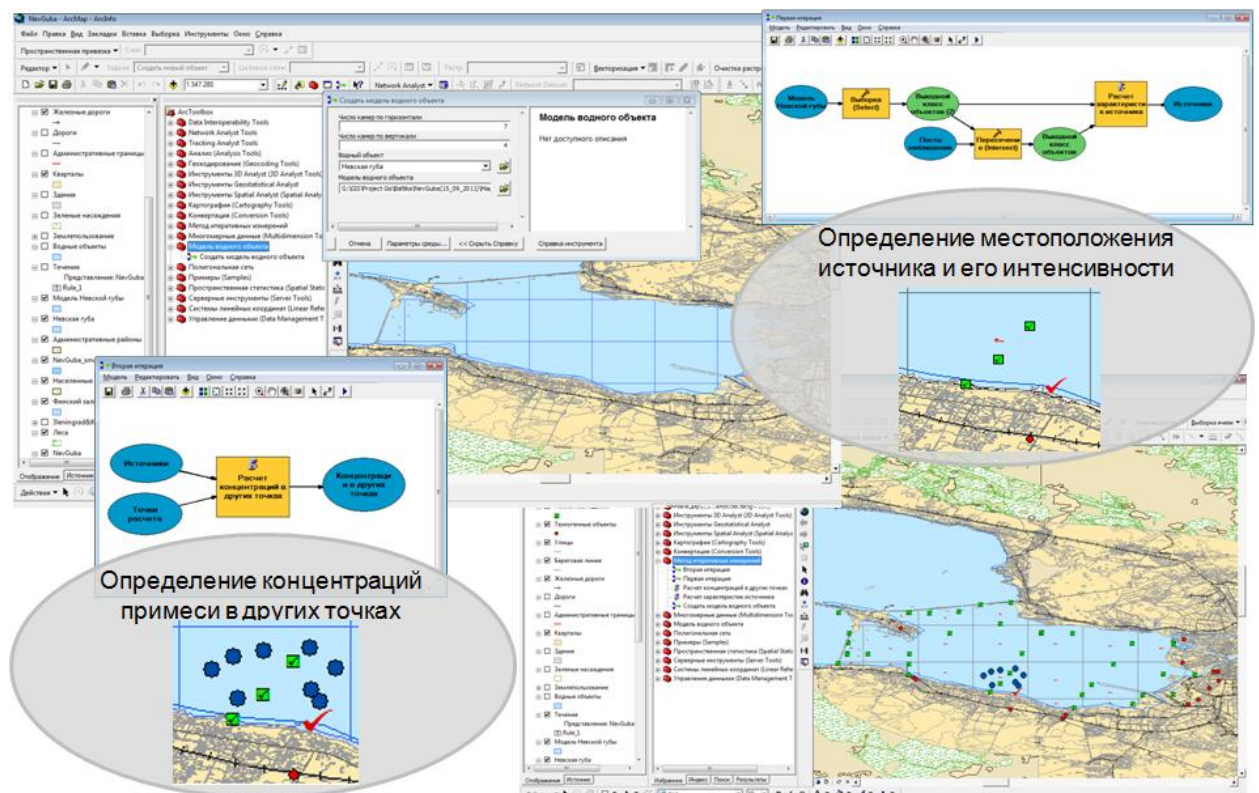


Рисунок 4 – Реализация метода итеративных измерений концентраций примеси в геоинформационной среде

Реализация метода в ГИС позволяет оперативно определять возможные предприятия-загрязнители, сточные воды которых могут попадать на анализируемый участок водного объекта.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В работе получены следующие основные результаты.

1. На основе проведенного анализа предложены диффузионные и конвективно-диффузионные модели полей концентраций загрязняющего вещества, основанные на теории «мелкой воды», что позволило связать концентрацию примеси, измеренную в фиксированном месте отбора проб, с интенсивностью и координатами источника загрязнения.

2. Разработан метод итеративных измерений концентраций примеси на анализируемом участке водного объекта, на основе которого по минимальному числу отбора проб (измерений) определяется местоположение источника загрязнения, его интенсивность и вычисляются концентрации загрязняющего вещества в других точках анализируемого участка водного объекта, что позволяет существенно сократить объем измерений.

3. Формализована процедура измерений концентраций примеси, позволяющая проводить итеративные измерения концентраций для любого участка водного объекта при учете его особенностей.

4. Разработана процедура комбинированного метрологического анализа для оценки влияния погрешностей первичных измерений концентраций и внешних факторов на результаты определения характеристик источника загрязнения и результаты последующего контроля.

5. Предложен способ оценки адекватности используемой модели, позволяющий определить влияние выбранной модели на точность получаемых результатов. По проделанным расчетам было установлено, что если вероятность того, что источник не один высока, то необходимо выбирать модель для двух, трех и более источников.

6. Проведена оценка эффективности предлагаемого метода, и показано, что при использовании метода итеративных измерений концентраций примеси существенно сокращается число измерений концентраций примеси (в зоне действия источника) и соответственно затраты на проведение измерений.

7. Разработана структура априорных знаний и осуществлена реализация итеративной процедуры измерений концентраций примеси загрязняющего вещества в геоинформационной системе, позволяющая оценить состояние любого водного объекта при учете его особенностей, интегрировать пространственную информацию и характеристики качества воды, учитывать модели водного объекта, источников загрязнений, визуализировать результаты контроля на карте и при необходимости, оперативно предоставлять их лицу, принимающему решения с целью выработки рекомендаций по рациональному природопользованию.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:*

1. Минина А.А., Куракина Н.И. Использование геоинформационных технологий для оценки экологического состояния прибрежных вод Черного моря // «Информация и космос», научно-технический журнал 2009, №1. С. 29-32
2. Минина А.А., Куракина Н.И., Куракин А.М. Моделирование и оценка погрешности распространения примеси в акватории Черного моря с использованием ГИС // «Приборы», 10/2009. С. 49 - 56
3. Минина А.А., Цветков Э.И. Определение концентраций примеси в водной среде на основе косвенных измерений // «Приборы», 11/2011. С. 55 - 63

*Учебные пособия:*

4. Минина А.А., Куракина Н.И., Орлова Н.В. Основы геоинформационных технологий и пространственного анализа // Учебное пособие, СПб: из-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009, - 148 с.

*Другие статьи и материалы конференций:*

5. Минина А.А., Куракина Н.И. Оценка качества водоемов по комплексу гидробиологических показателей с использованием ГИС // Сборник трудов Региональной конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения ЧС и их последствий». – СПб, 2005. С. 52 - 54.
6. Минина А.А., Алексеев В.В., Гридина Е.Г., Куракина Н.И. Система оценки качества водоемов по комплексу гидробиологических показателей на геоинформационной основе // Сборник научных трудов международного симпозиума «Надежность и качество», Т1. Пенза, 2006. С. 228 – 231.
7. Минина А.А., Куракина Н.И. Оценка состояния водных объектов с использованием геоинформационных технологий // Сборник материалов всероссийского конкурса инновационных проектов аспирантов и студентов по приоритетному направлению развития науки и техники «информационно-телекоммуникационные системы», М., 2006. С. 166 - 168
8. Минина А.А., Куракина Н.И. Система оценки состояния водных объектов с использованием геоинформационных технологий // «Известия ЛЭТИ», - СПб, 2006. С. 62 - 67
9. Минина А.А., Алексеев В.В., Шишкин А.И., Куракина Н.И. Оценка состояния водных объектов по результатам обследований и опросов с использованием ГИС // Сборник трудов Региональной конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения ЧС и их последствий». – СПб, 2006. С. 98 - 102

10. Минина А.А., Куракина Н.И. Анализ деятельности водопользователей на ГИС основе // 7-ая научно-практическая конференция пользователей ГИС ESRI Leica Geosystems Северо-Западного региона России, [Электронный ресурс].
11. Минина А.А., Куракина Н.И. Использование ГИС в системе поддержки принятия решений по управлению водными объектами // Сборник трудов Региональной конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения ЧС и их последствий». – СПб, 2007. С. 42 - 51
12. Минина А.А. Информационно-измерительная система оценки качества водных объектов с использованием геоинформационных технологий // Двенадцатая Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов. Аннотации работ победителя конкурса грантов Санкт-Петербурга 2007 года для студентов, аспирантов и молодых кандидатов наук. СПб.: Изд-во РГГМУ, 2007. С. 58
13. Минина А.А., Куракина Н.И. Система поддержки принятия решений по управлению водными объектами с использованием ГИС // Материалы международной конференции «Информационные технологии как основа управления в сфере природопользования и охраны окружающей среды», 2007. С. 41 - 42.
14. Минина А.А., Куракина Н.И. Система поддержки принятия решений по управлению водными объектами // ArcReview, № 1(44), 2008. С. 20 - 21.
15. Минина А.А., Куракина Н.И. Анализ и оценка экологического состояния прибрежных вод Черного моря с использованием ГИС // 9-ая научно-практическая конференция пользователей ГИС ESRI и ERDAS Северо-Западного региона России, 2008, [Электронный ресурс].
16. Минина А.А. Геоинформационная система поддержки принятия решения по регулированию антропогенного воздействия на Черное море // Тринадцатая Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов. Аннотации научных работ победителей конкурса грантов Санкт-Петербурга 2008 года для студентов, аспирантов и молодых кандидатов наук. СПб.: Фонд «ГАУДЕАМУС», 2008. С. 130
17. Минина А.А., Куракина Н.И. Оценка экологического состояния прибрежных вод Черного моря с использованием ГИС // Сборник трудов Региональной конференции «Проблемы прогнозирования и предотвращения ЧС и их последствий». – СПб, 2008. С. 39 - 49
18. Минина А.А., Алексеев В.В., Куракина Н.И., Орлова Н.В. Анализ и оценка загрязнения вод Невской губы и восточной части Финского залива с использованием ГИС // Сборник материалов XIV Конференции пользователей ESRI & Leica Geosystems в России и странах СНГ, Москва, 2008.



19. Минина А.А. Оценка погрешности моделирования распространения примеси в акватории Черного моря на основе расчетно-имитационного метода метрологического анализа // Российская Федерация Метрологическая Академия ВЕСТНИК Северо-Западный филиал, Санкт-Петербург, вып. 22, 2009. С. 50 - 55
20. Минина А.А., Лукин А.А. Система оценки загрязненности водоемов с использованием геоинформационных технологий // Сборник докладов международной конференции по мягким измерениям, 25-27 июня 2009 года. С. 117 - 120
21. Минина А.А., Микушина В.Н. Мониторинг, моделирование и управление водохозяйственными системами в среде ГИС // Сборник трудов VII семинара «Использование ГИС для управления территориями, городами, предприятиями», Анапа, 2009. С. 56 - 58
22. Минина А.А. Прогнозирование состояния водных объектов на базе геоинформационных технологий // «Цели развития тысячелетия» и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов. Материалы международного конгресса. Том 1. Научно-практическая конференция «Транспортно-коммуникационная система Арктики в геополитическом взаимодействии и управлении регионами в условиях чрезвычайных ситуаций». – СПб, 13-14 ноября 2009: ООО «ПИФ.СОМ». С. 77 - 82
23. Minina A.A., Kurakina N.I. Reducing Pollution on the Black Sea Coast (Сокращение загрязнения на побережье Черного моря)// ArcNews, Vol.31, No 4, Winter 2009/2010. P. 26 - 27
- 24.1. Minina A.A., Kurakina N.I. Modeling pollution distribution in water areas with usage of geoinformation systems (Моделирование распространения загрязнений в акваториях с использованием ГИС) // International Conference 50 years of Education and Awareness Raising for Shaping the Future of the Oceans and Coasts, 27-30 April, 2010, SPb. P. 190 - 191.
- 24.2. Минина А.А., Куракина Н.И. Моделирование распространения загрязнений в акваториях с использованием ГИС // Межд. конф. 50 лет развития образования и просвещения для формирования будущего океанов и прибрежных территорий, 27 – 30 Апреля, 2010 года, СПб. С. 191 – 193
25. Минина А.А. Разработка системы оценки загрязненности водоемов с использованием геоинформационных технологий // «У.М.Н.И.К.» в Санкт-Петербурге: разработки победителей конкурса программы Фонда содействия малых предприятий в научно-технической сфере «У.М.Н.И.К.». – СПб.: Изд-во Политех. Ун-та, 2010. – С. 185-186.

26. Минина А.А. К вопросу об аксиоматических основах метрологии // Российская Федерация Метрологическая Академия ВЕСТНИК Северо-Западный филиал, выпуск 24, Санкт-Петербург, 2010. С. 16 - 18
27. Минина А.А. Косвенные измерения концентраций примеси на основе сетевой модели // Российская Федерация Метрологическая Академия ВЕСТНИК Северо-Западный филиал, выпуск 24, Санкт-Петербург, 2010. С. 38 - 44
28. Минина А.А. Подход к мониторингу водных объектов на основе косвенных измерений концентраций примеси // “Цели развития тысячелетия» и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов”. Материалы международного конгресса. Том. 1. Научно-практическая конференция “Наукоемкие и инновационные технологии в решении проблем прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций и их последствий”, Санкт-Петербург, 12-13 ноября 2010 г. – СПб.: ООО “ПИФ.СОМ”, 2010. С. 104 - 109
29. Минина А.А. Косвенные измерения концентраций примеси в водной среде // Российская Федерация Метрологическая Академия ВЕСТНИК Северо-Западный филиал, выпуск 25, Санкт-Петербург, 2011. С. 40 – 47
30. Минина А.А. Косвенные измерения концентраций в водной среде // Измерения в современном мире – 2011: сборник научных трудов Третьей Междунар. Научно-практической конференции. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 163 – 164
31. Минина А.А. Косвенные измерения характеристик источника примеси в водном объекте // Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследования, использование, охрана. Материалы IV Школы-конференции молодых ученых с международным участием (26 – 28 августа 2011 года). С. 67 – 70