

На правах рукописи



**Токарева Ольга Сергеевна**

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКЕЛЬНОГО СЖИГАНИЯ ПОПУТНОГО  
ГАЗА НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НА  
ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ СИБИРИ**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Томск - 2006

**Работа выполнена в Научно-исследовательском информационном центре  
Института химии нефти СО РАН, г. Томск**

**Научный  
руководитель:** доктор физико-математических наук, профессор  
Полищук Юрий Михайлович

**Официальные  
оппоненты:** доктор физико-математических наук, профессор  
Гришин Анатолий Михайлович

кандидат технических наук  
Протасов Константин Тихонович

**Ведущая организация:** Институт экологии Волжского бассейна РАН  
(г. Тольятти, Самарская область).

**Защита состоится 25 октября 2006 г. в 14 ч 30 мин на заседании  
диссертационного совета Д 212.267.14 при Томском государственном  
университете по адресу: 624050, г. Томск, пр. Ленина, 36.**

**С диссертацией можно ознакомиться  
в научной библиотеке Томского государственного университета.**

**Автореферат разослан 10 июля 2006 г.**

**Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д.ф.-м.н., профессор**



**Нагорский П.М.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Экономический спад начала 90-х прошлого столетия и сокращение объемов нефтедобычи ослабили в нашей стране внимание к экологическим проблемам. Начавшийся в последнее время устойчивый подъем уровня нефтедобычи приводит к быстро возрастающей техногенной нагрузке на природную среду, что требует усиления экологического контроля за деятельностью предприятий нефтегазового комплекса. Реализация планов расширения нефтедобычи в освоенных районах и освоения новых нефтеносных территорий, расширенное применение технологий повышения нефтеотдачи пластов должны быть основаны на реалистических оценках экологического воздействия на природную среду. Решение задач экологической оценки техногенных воздействий на природную среду в настоящее время сдерживается не только из-за практического отсутствия систем экологического мониторинга как источников оперативной и достоверной информации о текущем состоянии окружающей среды, но и вследствие недостаточной разработанности методологических проблем оценки влияния химического загрязнения атмосферы на окружающую природную среду.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами работы Института химии нефти Сибирского отделения Российской Академии Наук (СО РАН): при выполнении госбюджетных проектов «Разработка геоинформационной системы (ГИС) моделирования и прогноза состояния окружающей среды в нефтедобывающих регионах» (№ гос. регистрации 01.960.007570, 1996-2000 г.) по программе СО РАН «Математическое моделирование, информационные технологии и вычислительная техника», «Формирование баз данных и разработка ГИС региональных проблем окружающей среды и устойчивого развития» (№ гос. регистрации 01.20.0011859, 2001-2003 г.) по программе СО РАН «Химия окружающей среды, в том числе атмосферы и океана» и с 2004 г. – в рамках госбюджетного проекта «Научные основы получения и применения новых материалов для решения экологических и ресурсосберегающих проблем нефтегазового комплекса» (№ гос. регистрации 0120.0404460, 2000-2003 г.) по программе СО РАН «Защита атмосферы, природных вод и почв», по хозяйственному договору с Восточной нефтяной компанией (ВНК) «Анализ экологического состояния и разработка рекомендаций по охране окружающей среды на территории ВНК и выбору природоохранных технологий», по интеграционным проектам СО РАН № 64 «Аэрозоли Сибири», № 169 «Аэрозоли Сибири-2. Гетерогенная химия и физика атмосферы. Влияние атмосферных аэрозолей на биогеохимические циклы» и при поддержке гранта региональной программы РФФИ «Сибирь» (проект № 98-05-03174 «Разработка геоинформационной методологии экологического прогноза для мониторинга воздействия нефтегазодобычи на состояние экосистем таежной зоны Западной Сибири» и гранта региональной

программы РФФИ «Югра» (проект № 03-05-96829 «Разработка методологии комплексного мониторинга состояния лесов Среднего Приобья с использованием космических и геоинформационных технологий»), Программы ИНТАС (проект АТМОС, контракт INTAS-00-189).

**Цель работы.** Целью настоящей диссертационной работы является разработка методических вопросов количественной оценки техногенных воздействий сжигания попутного газа на нефтедобывающих предприятиях на природные экосистемы с использованием космической информации и геоинформационных технологий. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- разработка геоинформационного подхода к оценке воздействия техногенного загрязнения атмосферы на природные экосистемы, основанного на сочетании методов математического моделирования зон загрязнения атмосферного воздуха и пространственного анализа ландшафтной структуры территории;
- разработка геоимитационной модели зоны техногенного загрязнения атмосферы для оценки воздействия сжигания попутного газа на нефтедобывающих месторождениях на природную среду с использованием геоинформационного подхода;
- разработка комплекса программ оценки воздействия загрязнения атмосферы в результате сжигания попутного газа на природные экосистемы в среде ГИС;
- создание базы данных о загрязнении атмосферного воздуха и состоянии окружающей среды и проведение количественной оценки техногенного воздействия загрязнения атмосферы на окружающую природную среду на примере нефтедобывающих предприятий Западной Сибири.

**Методы исследования.** Для достижения поставленной цели в работе были использованы методы ландшафтоведения, методы имитационного моделирования, методы геоинформатики и статистического анализа.

**Научная новизна.** В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

- 1) Разработана методика количественной оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха в результате сжигания попутного газа на природную среду с использованием космических снимков на основе сочетания методов математического моделирования и пространственного анализа с использованием ГИС.
- 2) Разработана геоинформационно-моделирующая система оценки воздействия сжигания попутного газа на нефтяных месторождениях на природную среду.

**Практическая ценность.** Основными практическими результатами диссертационной работы являются следующие:

- 1) Программный комплекс геоинформационно-моделирующей системы для оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду.
- 2) Полученные количественные оценки воздействия загрязнения атмосферы, связанного со сжиганием попутного газа на месторождениях, на лесоболотные комплексы нефтедобывающих районов Западной Сибири.

**Защищаемые положения:**

- 1) Методика на основе сочетания методов математического моделирования и пространственного анализа с использованием ГИС позволяет получать количественные оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха на природную среду в виде площадей ландшафтных выделов, попадающих в зоны загрязнения.
- 2) Геоинформационно-моделирующая система оценки воздействия сжигания попутного газа на нефтедобывающих предприятиях на природную среду.
- 3) Количественные оценки воздействия загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы с использованием ландшафтных карт, космических снимков и наземных данных, включенных в экологические паспорта нефтедобывающих предприятий Западной Сибири.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы обсуждались на Международных и Всероссийских конференциях и симпозиумах, в том числе на VI, VII, VIII, IX Международных симпозиумах «Оптика атмосферы и океана» (Томск, 1999 и 2000 гг., Иркутск, 2001, Томск, 2002 г.), II Международном симпозиуме «Контроль и реабилитация окружающей среды» (Томск, 2000), на 4-й и 5-ой Международных конференциях «Химия нефти и газа» (Томск, 2000 и 2003 гг.), II Совещании «Экология пойм сибирских рек и Арктики» (Томск, 2000 г.), IV Международном симпозиуме по проблемам эоинформатики (Москва, 2000 г.), на Международной конференции ESFEA –2001 «Экология Сибири, Дальнего Востока и Арктики» (Томск, 2001 г.), на Международной конференции «Современные проблемы информационных технологий и космический мониторинг» (Ханты-Мансийск, 2001 г.), на IX Международной конференции IBFRA (Красноярск, 2002 г.), на совещаниях 8-й, 9-й и 10-й Рабочих групп «Аэрозоли Сибири» (Томск, 2001, 2002, 2003), «Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты» (Томск, 2005 г.).

**Личный вклад соискателя.** Результаты, изложенные в диссертации, получены либо лично автором, либо при его участии на всех этапах решения поставленной задачи.

- 1) Для разработки методических вопросов оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду использовалась идея, изложенная в работах Ю.М. Полищука [1, 2], а лично автором диссертации разработаны методические и алгоритмические вопросы реализации геоинформационного подхода к оценке воздействия сжигания попутного газа на природную среду в нефтедобывающих территориях Западной Сибири.
- 2) Лично автором разработан и программно реализован алгоритм количественной оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха в результате сжигания попутного газа на природную среду.
- 3) Лично автором создана геоинформационно-моделирующая система для экологической оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду и получены количественные оценки воздействия с использованием космических снимков и наземных данных.

**Публикации.** Материалы диссертационной работы опубликованы в 44 печатных работах, из них 13 статей в центральных отечественных и зарубежных журналах, аналитический обзор ГПНТБ СО РАН и получено свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 139 страницах, состоит из основной части, включающей в себя введение, четыре главы и заключение, списка используемой литературы из 161 наименования и двух приложений. Работа иллюстрируется 35 рисунками и 8 таблицами.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулированы цель работы, научная новизна и практическая ценность и дана общая характеристика полученных в работе результатов.

В первой главе диссертации рассмотрено современное состояние проблемы оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду. На основе анализа литературных данных показано, что загрязнение атмосферного воздуха на территории нефтедобычи в результате сжигания попутного газа на факельных установках является одним из наиболее существенных факторов воздействия нефтедобывающих предприятий на лесоболотные комплексы Западной Сибири.

В связи с тем, что в настоящее время интенсивная добыча нефти в Западной Сибири ведется в зоне наиболее продуктивных лесных комплексов, проведен анализ литературы о влиянии химического загрязнения атмосферного воздуха на древесную растительность. Установлено, что нарушение функционирования растений в результате воздействия

техногенных загрязнителей, проявляющееся в первую очередь на биохимическом уровне, имеет инерционный характер, т.е. отложено во времени на десяток лет и более. Наиболее чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха темнохвойные породы деревьев.

Проведен анализ методов, используемых для оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду. В настоящее время в той или иной мере используются методы экологических и санитарно-гигиенических нормативов, а также биоиндикационные, ландшафтно-геохимические и дистанционные методы. Перечисленные методы не отвечают в полной мере задачам оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха на природную среду либо вследствие недостаточной разработанности, либо из-за необходимости проведения дорогостоящих и продолжительных по времени измерений. Показано, что для оценки изменений состояния природной среды в условиях техногенных воздействий перспективным представляется подход, основанный на совмещении санитарно-гигиенического и ландшафтно-геохимического подходов. Такой комплексный подход требует использования больших объемов картографической и другой количественной информации о состоянии компонент природной среды, что может быть реализовано с применением геоинформационных систем и ГИС-технологий.

Рассмотрены вопросы моделирования зон загрязнения атмосферного воздуха. Существующие методики расчета рассеивания примесей в атмосфере требуют большого объема метеорологической информации либо их применение целесообразно только в аварийных ситуациях. В связи с этим, наиболее пригодным для моделирования рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере представляется Инженерный метод Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, положенный в основу методики ОНД-86. Данная методика в настоящее время стандартизирована и применяется в отечественных природоохранных службах уже около двух десятилетий.

В связи с вышеизложенным целью диссертационной работы явилась разработка методических вопросов и комплекса программ геоинформационно-моделирующей системы для количественной оценки техногенных воздействий загрязнения атмосферного воздуха на природную среду с использованием космической информации и геоинформационных технологий.

В заключение главы приведены основные задачи диссертационной работы.

Во второй главе излагаются методические вопросы разработки комплексного геоинформационного подхода к оценке воздействия загрязнения атмосферы на природную среду. Разработаны алгоритмы геоимитационного моделирования пространственных зон загрязнения атмосферы с использованием ГИС, методика и алгоритм количественной оценки воздействия загрязнения на основе расчета площадей ландшафтных выделов разных типов, попадающих в зоны загрязнения атмосферы.

Для получения количественной оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду разработан комплексный подход, основанный на совмещении санитарно-гигиенического и ландшафтно-геохимического подходов. В основу комплексного подхода к оценке воздействия загрязнения атмосферы на природную среду положено объединение метода моделирования зон загрязнения атмосферы и пространственного анализа ландшафтной структуры территории с применением компьютерных средств ГИС и ГИС-технологий. Для реализации комплексного подхода используется геоимитационная модель техногенного воздействия на природную среду, структура которой приведена на рис. 1. Геоимитационная модель позволяет объединить информацию о пространственной структуре растительного покрова территории по породному составу деревьев и типам болот и информацию об уровне загрязнения атмосферы в результате сжигания попутного газа, что реализуется путем наложения на ландшафтную карту совокупности зон загрязнения окружающей среды выбросами из различных источников с использованием геоинформационных систем.

Оценка воздействия загрязнения атмосферы сводится к определению размеров площадей ландшафтных выделов, находящихся под воздействием негативных факторов. Площадь части территории выдела, находящейся в пределах зоны загрязнения, является количественной мерой степени воздействия загрязнения атмосферы на лесоболотные территории.

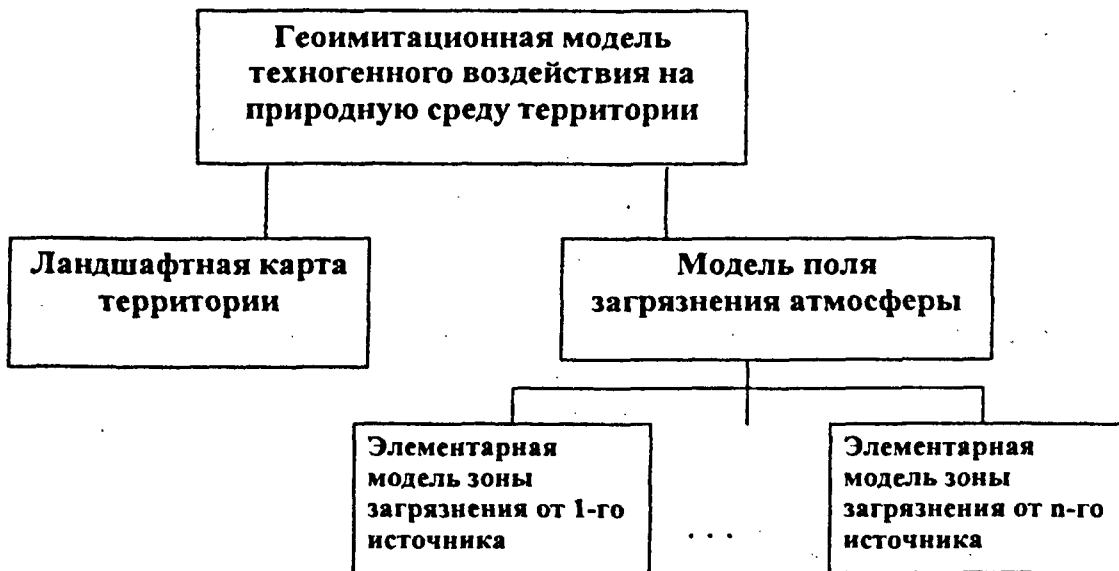


Рис. 1. Структура геоимитационной модели техногенного воздействия на природную среду

Процедура оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха на природную среду состоит из последовательности следующих основных этапов:

- 1) Сбор и анализ информации об экологическом состоянии территории.
- 2) Построение цифровой карты (ЦК) пространственной структуры растительного покрова территории.
- 3) Моделирование зон загрязнения воздуха и их отображение в ГИС.
- 4) Количественная оценка площадей загрязненных ландшафтных выделов.

На первом этапе производится сбор и анализ информации об экологическом состоянии исследуемой территории, выявляются источники выбросов и собирается дополнительная информация (экологические паспорта, лесотаксационные планы, космические снимки). Далее на основе собранной картографической информации строятся карты пространственной структуры растительного покрова территории по породному составу деревьев и типам болот. На третьем этапе средствами ГИС определяются координаты выбранных источников выбросов загрязняющих веществ и параметры источников. На основе полученных данных моделируются зоны загрязнения атмосферы. Результаты моделирования отображаются в ГИС в виде тематического слоя цифровой карты.

На четвертом этапе с использованием карты пространственной структуры растительного покрова территории проводится количественная оценка площадей загрязненных ландшафтных выделов. На рис. 2 приведена схема наложения результатов моделирования зон загрязнения атмосферного воздуха на карту пространственной структуры растительного покрова территории.

Как видно из рис. 2, структура растительного покрова территории представлена следующими ландшафтными выделами: сосновый лес, темнохвойно-мелколиственный лес, болото трех типов, пойма реки. После наложения зон загрязнения атмосферы на карту пространственной структуры растительного покрова территории для каждого из ландшафтных выделов определяется площадь, попадающая в зоны загрязнения. Так, из рис. 2 видно, что в зоны загрязнения попадает часть темнохвойно-мелколиственного леса и часть верхового болота. Далее рассчитывается отношение площади части ландшафтного выдела, попадающей в зону загрязнения, к общей площади выдела или к площади изучаемой территории.

Особую важность в реализации предлагаемого комплексного подхода приобретают вопросы картографического обеспечения задач экологического прогнозирования. Так как зона деятельности предприятий нефтедобычи в таежной зоне Западной Сибири включает в себя земли, относящиеся преимущественно к лесному фонду, то при составлении карты пространственной структуры растительного покрова территории необходимо основываться на материалах по лесоустройству и аэро- или космоснимках.

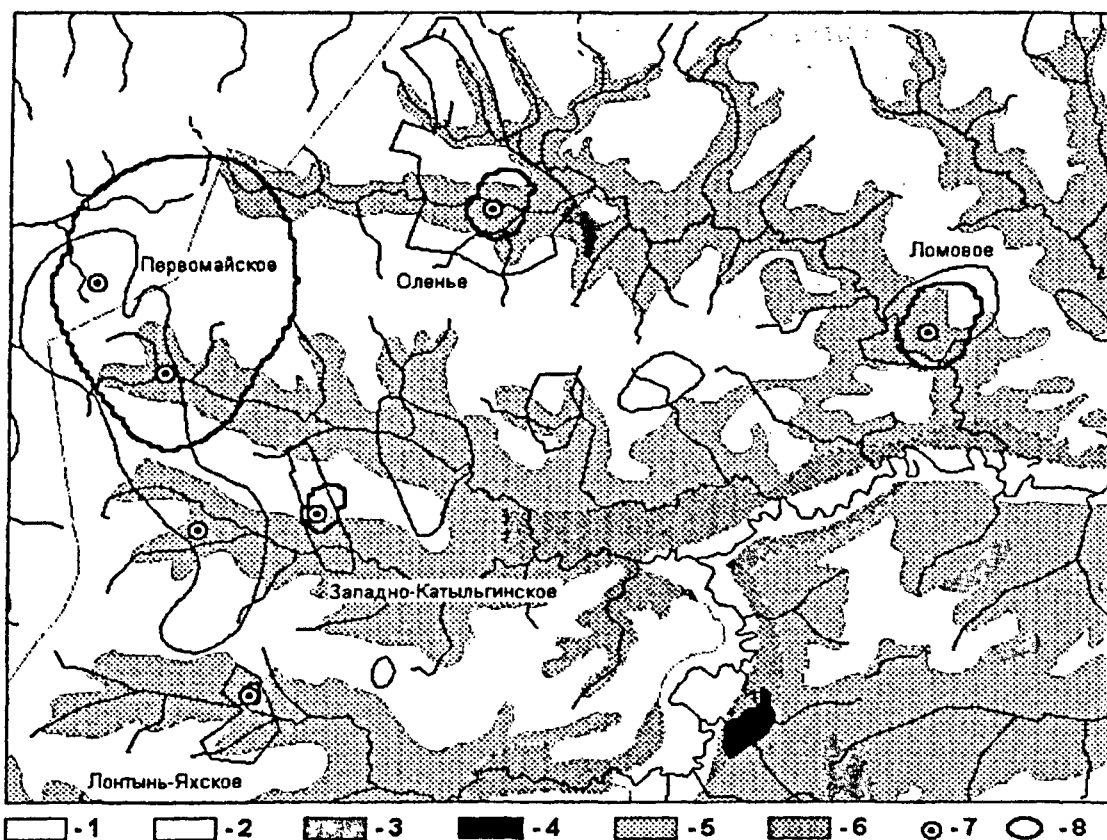


Рис. 2. Схема реализации пространственного анализа путем наложения зон загрязнения атмосферы на карту пространственной структуры растительного покрова территории

1 – пойма р. Васюган; болото; 2 - верховое; 3 - переходное; 4 – низинное; лес: 5 – темнохвойно-мелколиственный; 6 - сосновый; 7 – факелы; 8 – границы зон загрязнения.

Другим важным аспектом реализации рассматриваемого комплексного подхода к оценке воздействий на природную среду является моделирование зон загрязнения атмосферного воздуха. Необходимо учитывать, что вследствие инерционности формирования биологических проявлений воздействия загрязнения на растения необходимо определять среднегодовые зоны загрязнения. Для моделирования процессов распространения химических загрязнителей в атмосфере и их воздействия на окружающую среду используется геоимитационная модель зоны загрязнения атмосферы. Под геоимитационной моделью зоны загрязнения атмосферного воздуха понимается математическая модель, воспроизводящая процесс формирования областей повышенной концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере в результате выбросов химических веществ при сжигании попутного газа на нефтяных месторождениях. Оценка воздействия загрязнения атмосферы на природную среду при геоимитационном подходе к

моделированию производится путём имитационного эксперимента, выполняемого на компьютере с моделью и позволяющего исследовать изменения в состоянии реального пространственного объекта, функционирующего по определённым сценариям. На рис. 2 изображены зоны загрязнения атмосферного воздуха. Граница зоны загрязнения атмосферы определяется из условия:

$$C=C_0, \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация загрязняющего вещества в атмосфере;  
 $C_0$  – пороговое значение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере, задаваемое пользователем.

Моделирование зон загрязнения основано на использовании санитарно-гигиенических нормативов и моделировании рассеяния ЗВ в атмосфере согласно Инженерного метода Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, рассмотренного в разделе 1.3 диссертации. Модель рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере позволяет получить значение концентрации загрязняющего вещества для приёмника загрязнения в зависимости от параметров источника загрязнения и расположения приёмника относительно источника. Схема процедуры построения зон загрязнения приведена на рис. 3.

Процедура построения зон загрязнения атмосферного воздуха состоит из следующих этапов:

- 1) Производится анализ информации из базы данных и цифровой карты.
- 2) Определяются размеры рабочего фрагмента цифровой карты и источники выбросов загрязняющих веществ, попадающие на рабочий фрагмент карты. Определяются координаты этих источников.
- 3) Рабочий фрагмент карты разбивается регулярной сеткой на небольшие прямоугольные участки.
- 4) Номера и координаты источников загрязнения передаются на «вход» процедуры вычисления концентрации ЗВ. Пользователь выбирает источники выбросов и загрязняющие вещества, для которых будут в дальнейшем проводиться вычисления.
- 5) В каждом из узлов сетки в соответствии с моделью рассеяния вычисляется концентрация загрязняющих веществ  $C$ .
- 6) Выбирается пороговое значение  $C_0$  и находится такая последовательность точек, для которых выполняется условие  $C \approx C_0$ . Полученные точки соединяются отрезками прямых и образуется граница зоны загрязнения.
- 7) Полученные зоны заносятся в новый слой и отображаются на цифровой карте.



Рис. 3. Схема процедуры построения геоимитационной модели зон загрязнения

В третьей главе рассматриваются вопросы программной реализации предложенных в диссертации алгоритмов, на основе которых была реализована ГИМС оценки воздействия атмосферного загрязнения на окружающую среду, включающая базу данных, систему цифровых карт, программное обеспечение ГИС ArcView 3.x, ERDAS Imagine 8.3, комплекс программ моделирования зон загрязнения атмосферного воздуха, специальное программное обеспечение для оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду.

Структура программного комплекса моделирования представлена на рис. 4. Комплекс функционирует в среде ГИС ArcView 3.x и предназначен для проведения компьютерных экспериментов на геоимитационной модели с целью оценки воздействия загрязнений атмосферного воздуха на компоненты ландшафтной среды.

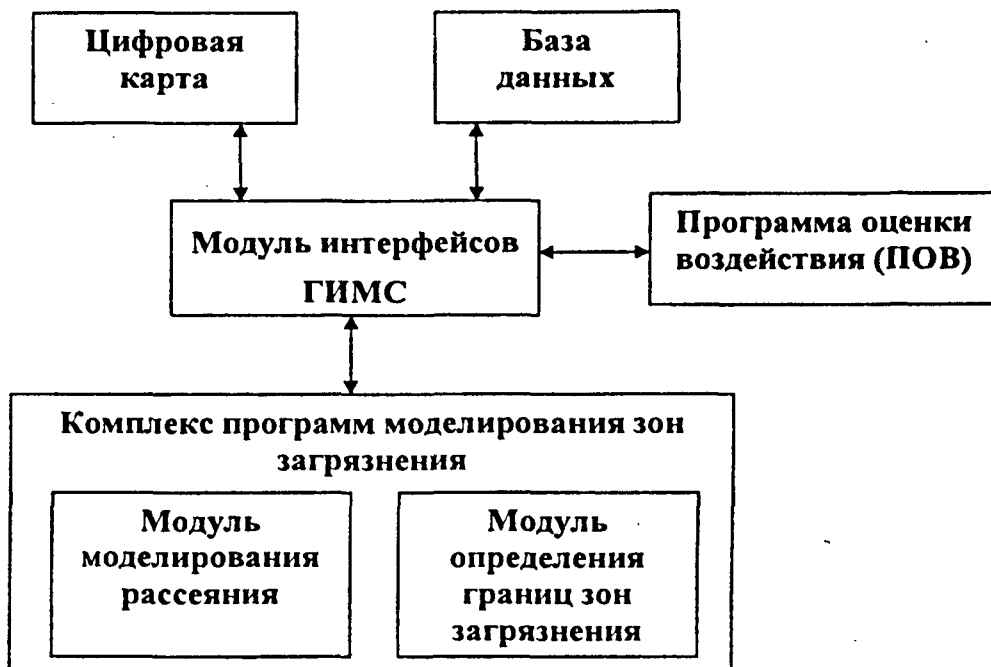


Рис. 4. Структурная схема реализации программного комплекса моделирования зон загрязнения атмосферного воздуха

Программный комплекс позволяет определять зоны загрязнения атмосферного воздуха путем моделирования рассеяния ЗВ в атмосфере для различных уровней их концентрации (в долях ПДК).

Важной компонентой программного комплекса является **Модуль интерфейсов**, обеспечивающий взаимодействие Комплекса программ моделирования зон загрязнения и ПОВ с Цифровой картой и Базой данных и предназначенный для обмена информацией между этими компонентами ГИМС. Интерфейс связи с цифровой картой служит для получения информации о месторасположении источников выбросов загрязняющих веществ, подготовки начальных данных для моделирования рассеяния ЗВ в атмосфере и отображения результатов моделирования зон загрязнения. Интерфейс связи с базой данных предназначен для передачи в **Модуль моделирования рассеяния** хранящихся в Базе данных параметров источников загрязнения атмосферного воздуха, количественных данных о выбросах загрязняющих веществ, параметров загрязняющих веществ и данных о розе ветров.

**Модуль моделирования рассеяния** загрязняющих веществ в атмосфере позволяет получить значение концентрации загрязняющих веществ в произвольных точках территории в зависимости от параметров источника загрязнения. Для определения зон загрязнения атмосферного воздуха необходимо определить концентрации загрязнителей для множества точек исследуемой территории. Для этого исследуемый участок территории

разбивается регулярной прямоугольной пространственной сеткой на ячейки с размерами, зависящими от выбранного масштаба цифровой карты. Моделирование рассеяния загрязняющих веществ в атмосферном воздухе проводится для каждого вещества и каждого источника выбросов во всех узлах сетки.

Модуль определения границ зоны загрязнения предназначен для отображения зоны загрязнения на цифровой карте.

Специальное программное обеспечение для оценки воздействия загрязнения атмосферы на природную среду разработано в среде ArcView 3.x. Алгоритм оценки относительных площадей ландшафтных выделов, попадающих в зону загрязнения, описанный в главе 2, реализован на языке программирования Avenue. Рабочий вид проекта для расчета относительных площадей загрязненных ландшафтных выделов в ArcView должен содержать следующие тематические слои:

- зоны загрязнения;
- слой, содержащий ландшафтный выдел определенного типа;
- общая территория исследуемого участка.

Расчет относительных площадей загрязненных ландшафтных выделов проводится в виде последовательности следующих этапов:

- определение площади ландшафтного выдела;
- слияние тематических слоев «Зона загрязнения» и «Ландшафтный выдел»;
- пересечение полигонов, относящихся к зоне загрязнения и к ландшафтному выделу;
- определение площади пересечения полигонов;
- расчет относительной площади части выдела, попадающей в зону загрязнения атмосферного воздуха;
- отображение части выдела, попадающей в зону загрязнения атмосферного воздуха, на карте в виде нового слоя.

После построения зон загрязнения пользователь в интерактивном режиме должен выбрать тематический слой, содержащий интересующую его зону загрязнения и тематические слои, содержащие ландшафтные выделы, для которых пользователь хочет произвести расчеты, затем запустить программу расчета относительных площадей.

Программа вычисляет площадь участков территории каждого ландшафтного выдела, попадающих в зону загрязнения, а затем рассчитывает величину относительной площади (в процентах от общей площади) «загрязненного ландшафтного выдела». Результаты расчетов последовательно отображаются на экране дисплея и заносятся в атрибутивную таблицу слоя «Загрязненный ландшафтный выдел».

На основе полученных результатов оценки площадей загрязненных выделов строятся графики зависимости площадей загрязненных ландшафтных выделов от уровня загрязнения атмосферы или в зависимости от объемов сжигаемого попутного газа. Далее для иллюстрации приводятся

такие графики, полученные при проведении ряда научно-исследовательских работ.

В четвертой главе приведены примеры использования результатов диссертации в задачах оценки воздействия загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы нефтедобывающих территорий Западной Сибири при выполнении ряда научно-исследовательских работ.

Пример 1. При выполнении работ по договору с Восточной нефтяной компанией (ВНК) «Анализ экологического состояния и разработка рекомендаций по охране окружающей среды на территории ВНК и выбору природоохранных технологий», по интеграционному проекту СО РАН № 64 «Аэрозоли Сибири» при поддержке гранта региональной программы РФФИ «Сибирь» (проект № 98-05-03174 «Разработка геоинформационной методологии экологического прогноза для мониторинга воздействия нефтегазодобычи на состояние экосистем таежной зоны Западной Сибири») получены количественные оценки воздействия загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы с использованием ландшафтных карт и наземных данных, включенных в экологические паспорта нефтедобывающих предприятий.

В качестве объектов исследования выбраны два участка территории нефтедобычи на западе Томской области, на первом расположена Васюганская группа месторождений (Первомайское, Оленье, Ломовое, Западно-Катыльгинское, Катыльгинское и Лонтынь-Яхское), на втором – Игольско-Таловое месторождение. Районы нефтедобычи относятся к подзоне южной тайги, основным зональным типом которой являются кедровые, ель, пихта и мелколиственные леса (береза, осина), отличающиеся хорошо развитым древостоем. Территория частично заболочена (до 30-40 %).

По данным экологических паспортов нефтедобывающих предприятий на выбранных территориях основными источниками загрязнения являются факелы для сжигания попутного газа, при этом в атмосферу выбрасываются в больших объемах сажа, диоксид азота, углеводороды, оксид углерода.

На основе учета реальных объемов выбросов сажи и диоксида азота в атмосферу из факельных установок на территории месторождений определялись площади природных выделов, оказавшихся в зонах загрязнения атмосферы. Для разных уровней загрязнения атмосферного воздуха ( $k$ ), определяемых в долях ПДК, для разных типов ландшафта были рассчитаны отношения площади ландшафтного выдела, загрязненного выбросами сажи или диоксида азота, к его общей площади ( $y$ ) и к площади изучаемой территории ( $z$ ) в зависимости от уровня загрязнения атмосферы и объема добычи нефти ( $x$ ).

На рис. 5 для иллюстрации приведены зависимости относительной площади загрязненных ландшафтных выделов ( $y$ ) в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха для Васюганской группы месторождений, полученные на основе карты пространственной структуры растительного покрова территории, построенной по лесотаксационным и наземным данным.

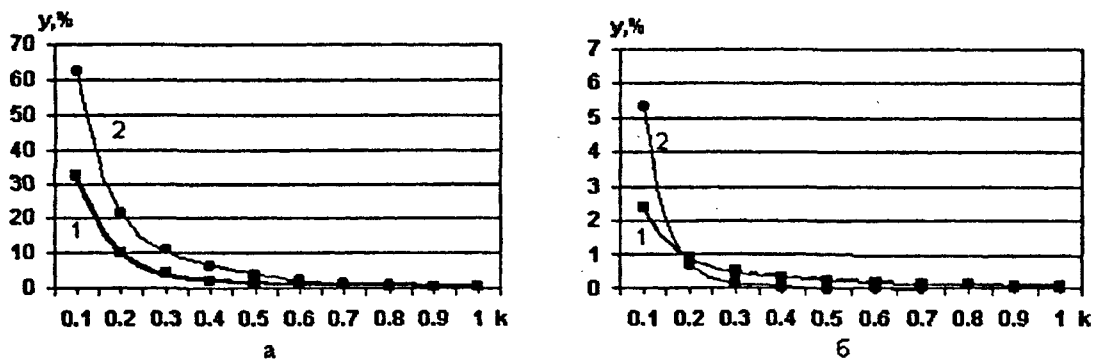


Рис. 5. Зависимости относительной площади загрязненных ландшафтных выделов от уровня загрязнения атмосферы (в долях ПДК): а – сажей, б – диоксидом азота; 1 – темнохвойно-мелколиственный лес, 2 – верховое болото.

Пример 2. При выполнении работ по интеграционному проекту СО РАН № 169 «Аэрозоли Сибири-2. Гетерогенная химия и физика атмосферы. Влияние атмосферных аэрозолей на биогеохимические циклы» и по проекту № 03-05-96829 «Разработка методологии комплексного мониторинга состояния лесов Среднего Приобья с использованием космических и геоинформационных технологий» в рамках региональной программы РФФИ «Югра» для построения ландшафтных карт использовались космические снимки высокого и среднего пространственного разрешения.

Для иллюстрации на рис. 6 представлены результаты расчетов зависимости относительной площади ( $y$ ) ландшафтных выделов, загрязненных выбросами сажи, от объема добычи нефти для территорий Васюганской группы месторождений и отдельного Игольско-Талового месторождения для уровня загрязнения 0,05 от ПДК с использованием космического снимка среднего разрешения.

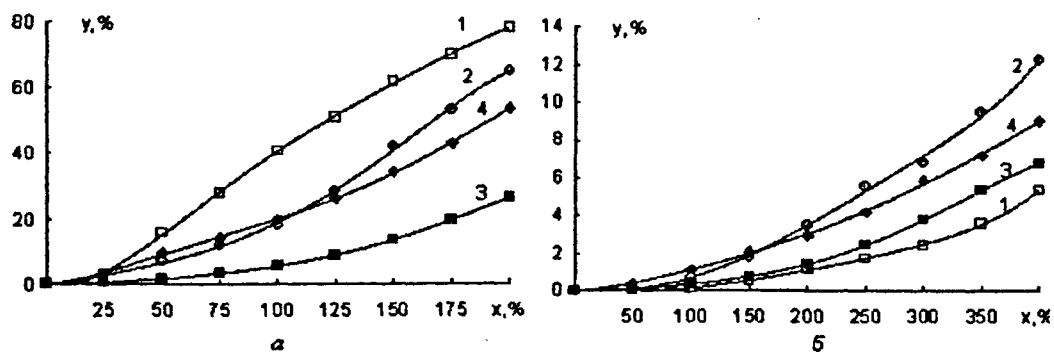


Рис. 6. Зависимости относительной площади загрязненных сажей ландшафтных выделов от объемов добычи нефти при 0,05 ПДК для: а – Васюганская группа месторождений, б – Игольско-Таловое месторождение; 1 – темнохвойный лес, 2 – сосновый лес, 3 – мелколиственный лес, 4 – болото

В заключении формулируются основные результаты, полученные в ходе диссертационного исследования:

- 1) Разработан геоинформационный подход к оценке и прогнозу воздействия загрязнения атмосферы на природную среду нефтедобывающих территорий Западной Сибири, вызванного сжиганием попутного газа на месторождениях.
- 2) Разработана геоимитационная модель зон загрязнения атмосферного воздуха применительно к оценке воздействия загрязнения атмосферы на природную среду.
- 3) Разработан и программно реализован алгоритм количественной оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха на природную среду.
- 4) На основе геоинформационного подхода разработана геоинформационно-моделирующая система, включающая программное обеспечение ГИС, базу данных, систему цифровых карт, комплекс программ моделирования зон загрязнения атмосферы, программу количественной оценки воздействия загрязнения атмосферного воздуха на природную среду. ГИМС используется в Институте химии нефти СО РАН.
- 5) Получены количественные оценки воздействия загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы с использованием данных из экологических паспортов нефтедобывающих предприятий, ландшафтных карт и космических снимков.
- 6) Получены прогнозные оценки воздействия загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы на основе анализа программы развития нефтяной промышленности.

В приложении 1 представлен акт об использовании и внедрении результатов диссертации в Институте химии нефти СО РАН.

В приложении 2 представлено свидетельство об официальной регистрации компьютерной программы.

*Автор выражает особую признательность научному руководителю д.ф.-м.н., профессору Ю.М. Полищуку. Автор искренне благодарен сотрудникам НИИЦ ИХН СО РАН В.В. Рюхко, Е.С. Козину за помощь, оказанную при создании комплекса программ моделирования и базы данных, а также М.Н. Алексеевой, И.В. Булгаковой, принимавшим участие в обработке космических снимков.*

## ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Полищук Ю.М., Козин Е.С., Любимов Д.И., Токарева О.С. Геоинформационная система для анализа состояния окружающей среды и выбора природоохранных технологий // ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территории: Материалы междунар. конф., 1-4 июля 1998 г., Барнаул. - Барнаул: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1998. - С. 79 - 85.
2. Козин Е.С., Токарева О.С., Степанова Н.Н., Яценко И.Г. Опыт использования ГИС-технологий для решения проблем охраны окружающей среды в нефтегазовой отрасли // ArcReview. - № 4. - Москва: Изд-во ООО "Дата+", 1998. - С. 13.
3. Полищук Ю.М., Козин Е.С., Токарева О.С. Методология компьютерного выбора прогрессивных технологий реабилитации окружающей среды // Междунар. симпозиум "Контроль и реабилитация окружающей среды". Тезисы докладов, 17-19 июня 1998 г., Томск. - Томск: Изд-во "Спектр" ИОА СО РАН, 1998. - С. 163 - 164.
4. Полищук Ю.М., Козин Е.С., Токарева О.С., Степанова Н.Н., Яценко И.Г. Выбор природоохранных технологий для решения проблем охраны окружающей среды на основе ГИС // Труды третьего междунар. симпозиума по проблемам экоинформатики, 8-9 декабря 1998 г., Москва. - М.: ИРЭ РАН, 1998. - С. 66 - 70.
5. Y. Polichtchouk, E. Kozin, V. Ryuhko, O. Tokareva. Geoinformation systems for regional environmental studies // Proceedings of SPIE. - 1999. - V. 3983. - P. 572 - 577.
6. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Козин Е.С., Токарева О.С. Геоинформационное обеспечение мониторинга // Тезисы докл. 3-го Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу, 21-23 апреля 1999 г., Томск. - Томск: Изд. Томского научного центра СО РАН, 1999. - С. 107-108.
7. Полищук Ю.М., Козин Е.С., Рюшко В.В., Токарева О.С. Геоинформационные системы в региональных исследованиях окружающей среды // 6-й Междунар. симпозиум "Оптика атмосферы и океана", 23-26 июня 1999 г., Томск (Тезисы докладов). - Томск: Изд-во "Спектр" ИОА СО РАН, 1999. - С. 123.
8. Березин А.Е., Дюкарев А.Г., Полищук Ю.М., Токарева О.С. Анализ воздействий нефтедобычи на природную среду юго-востока Западной Сибири // Материалы юбилейной научно-практической конф. «Добыча, подготовка и транспорт нефти и газа», 5-6 октября 1999 г., Томск. - Томск: Изд-во «Компания МИЛОН», 1999. - С. 85 - 87.
9. Токарева О.С., Полищук Ю.М. Геоинформационный анализ воздействий загрязнения атмосферы на ландшафтную сферу нефтедобывающих территорий Сибири // Материалы 7-го Междунар. симпозиума "Оптика атмосферы и океана", 16-19 июля 2000 г., Томск. - Томск: Изд-во "Спектр" ИОА СО РАН, 2000. - С. 136.

10. Полищук Ю.М., Березин А.Е., Дюкарев А.Г., Токарева О.С. Оценка воздействия нефтегазодобычи на состояние лесо-болотных комплексов Западной Сибири // Материалы 2-го Междунар. симпозиума "Контроль и реабилитация окружающей среды", 19-21 июля 2000 г., Томск. - Томск: Изд-во "Спектр" ИОА СО РАН, 2000. - С. 13 - 17.
11. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Анализ экологических последствий нефтедобычи в Западной Сибири с использованием ГИС // Материалы 4-й междунар. конф. "Химия нефти и газа", 2-6 октября 2000 г., Томск. - В 2-х т. - Томск: Изд-во STT, 2000. - Т.2. - С. 400 - 405.
12. Полищук Ю.М., Березин А.Е., Дюкарев А.Г., Заикин Д.А., Козин Е.С., Токарева О.С. Методические вопросы применения ГИС в задачах оценки воздействия нефтедобычи на природную среду Западной Сибири // Материалы конф. «Фундаментальные проблемы охраны окружающей среды и экологии природно-территориальных комплексов Западной Сибири», 27 – 30 июня 2000 г., Горно-Алтайск. - С. 17 - 18.
13. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Методология и организация эколого-географических исследований воздействия нефтедобычи на природную среду // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. - Нижневартовск: Изд-во "Приобье", 2000. - С. 75 - 78.
14. Полищук Ю.М., Березин А.Е., Дюкарев А.Г., Козин Е.С., Токарева О.С. Методические вопросы применения ГИС в задачах оценки и прогноза воздействия нефтедобычи на лесоболотные комплексы Западной Сибири // Экология пойм сибирских рек и Арктики. Труды II Совещания, 24-26 ноября 2000 г., Томск. - Томск: Изд-во STT, 2000. - С. 314 - 320
15. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Козин Е.С., Токарева О.С. Геоинформационное обеспечение комплексного мониторинга окружающей среды // Труды 4-го Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу. - Томск: Изд-во ТНЦ СО РАН, 2001. - С. 69 - 70.
16. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Результаты имитационного эксперимента по анализу воздействия загрязнений атмосферы на экосистемы нефтедобывающих территорий Сибири // Труды IV Междунар. симпозиума по проблемам экоинформатики, 12-14 декабря 2000 г., Москва. - М., 2000. - С. 44 - 48.
17. Ан В.В., Козин Е.С., Полищук Ю.М., Степанова Н.Н., Токарева О.С., Торovina И.Л., Ященко И.Г. Геоинформационные системы природопользования: методология, опыт и перспективы // Проблемы региональной экологии. - Новосибирск: Изд-во СО РАН. - 2000. - Вып. 6. - С. 12 - 18.
18. Полищук Ю.М., Березин А.Е., Дюкарев А.Г., Козин Е.С., Токарева О.С. Геоинформационное обеспечение регионального экологического мониторинга // Проблемы региональной экологии. - Новосибирск: Изд-

во СО РАН. - 2000. - Вып. 8. - С. 209 - 213.

19. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Анализ воздействия загрязнений атмосферы на лесоболотные экосистемы в нефтедобывающих районах Сибири // Оптика атмосферы и океана. – 2000. - т. 13.- № 10. - С. 950 - 953.
20. Polichtchouk Yu., Tokareva O. Geoinformation analysis of atmosphere pollution impact on the landscape of Siberian oil-producing territories // Proceedings of SPIE. - 2000. -V. 4341. – P. 571 – 577.
21. Полищук Ю., Козин Е., Токарева О. Основы методологии экологического анализа техногенных воздействий на природную среду с использованием ГИС // Тезисы докладов Междунар. конф. «Экология Сибири, Дальнего Востока и Арктики, 5 - 8 сентября 2001 г., Томск. - Томск: МИЦ ФОСЭ ТНЦ СО РАН, 2001. - С. 233.
22. Алексеева М.Н., Полищук Ю.М., Рюшко В.В., Токарева О.С. Методические вопросы обработки космических снимков для оценки воздействий загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы // Тезисы докладов Междунар. конф. «Экология Сибири, Дальнего Востока и Арктики, 5 - 8 сентября 2001 г., Томск. - Томск: МИЦ ФОСЭ ТНЦ СО РАН, 2001. - С. 202.
23. Polichtchouk Yu.M., Ryukhko V.V., Tokareva O.S., Alekseeva M.N. Geoinformation analysis of the effect of atmospheric pollution on vegetation biosystems using pictures made from space // Proceedings of VIII Joint International Symposium “Atmospheric and Ocean Optics. Atmospheric Physics” (Abstract), June 25-29, 2001, Irkutsk. - P. 206.
24. Полищук Ю.М., Березин А.Е., Дюкарев А.Г., Токарева О.С. Экологическое прогнозирование воздействий нефтегазового комплекса на природную среду Западной Сибири с использованием ГИС-технологий // География и природные ресурсы. - 2001. - № 2. - С. 43 - 49.
25. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Методические вопросы прогноза влияния атмосферного загрязнения на лесоболотные экосистемы Сибири // Тезисы докладов 8-ой Раб. группы “Аэрозоли Сибири”, 27-30 ноября 2001 г., Томск. - Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2001. - С. 98 - 99.
26. Козин Е.С., Полищук Ю.М., Токарева О.С. Основы методологии экологического анализа техногенных воздействий на природную среду с использованием ГИС // Environment of Siberia, the Far East, and the Arctic: Selected Paper presented at the International Conference ESFEA-2001, 5-8 sept. 2001, Tomsk. – С. 370 - 375.
27. Алексеева М.Н., Дюкарев А.Г., Полищук Ю.М., Токарева О.С. Методические вопросы обработки космических снимков для оценки воздействий загрязнений атмосферы на лесоболотные комплексы // Environment of Siberia, the Far East, and the Arctic: Selected Paper presented at the International Conference ESFEA-2001, 5-8 sept. 2001, Tomsk. – С. 331 – 335.
28. Polichtchouk Yu.M., Tokareva O.S. and Bulgakova I.V. Space Images Processing Methodology for Assessment of Atmosphere Pollution Impact on

- Forest // IX Joint International Symposium «Atmospheric and ocean optics. Atmospheric physics», 2-5 July, 2002, Tomsk. – Tomsk: Institute of Atmospheric optics, 2002. - P. 87.
29. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Козин Е.С., Токарева О.С. Геоинформационное обеспечение комплексного мониторинга большого Васюганского болота // Тезисы Междунар. конф. «ENVIROMIS'2002» «Измерения, моделирование и информационные системы как средства снижения загрязнений на городском и региональном уровне», 6-12 июля 2002, Томск. – С. 47 - 48.
  30. Bulgakova I.V., Polichtchouk Y.M., Tokareva O.S. Geoinformation technology of assessment of oil extraction impact on swamp-forest ecosystems by means of middle resolution space images // Abstracts of XI Intern. Conf. IBFRA, August 5-9, 2002, Krasnoyarsk, Russia. – Krasnoyarsk: Institute of Forest SB RAS, 2002. – pp. 19 - 20.
  31. Полищук Ю.М., Токарева О.С., Рюхко В.В., Алексеева М.Н. Геоинформационный анализ воздействий загрязнения атмосферы на растительные биосистемы с использованием космоснимков // Геоинформатика. - 2002. - № 2. – С. 10 - 13.
  32. Polichtchouk, Yuri, Ryukhko, Viatcheslav, Tokareva, Olga, Alexeeva, Mary. Geoinformation modeling system for analysis of atmosphere pollution impact on vegetable biosystems using space images // Proceedings of SPIE. - 2002. - Vol. 4678. - P. 478 - 484.
  33. Токарева О.С. Программа «Оценка воздействия загрязнения атмосферы на природную среду», зарегистрирована в Роспатенте, свидетельство № 2002611530 от 30 августа 2002 г.
  34. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Методика оценки воздействия техногенного химического загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы в нефтедобывающих районах Западной Сибири // Химия в интересах устойчивого развития. - 2002. – т. 10. - № 5. – С. 659 - 668.
  35. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Оценка экологических воздействий нефтедобычи в Западной Сибири // Технологии ТЭК. - Специальное приложение к журналу «Нефть и капитал». – 2003. - № 2. – С. 81 - 87.
  36. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Козин Е.С., Токарева О.С. Геоинформационное обеспечение комплексного мониторинга Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития: Сб. науч. трудов. – Томск, 2002. - С. 73 – 79.
  37. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Токарева О.С. Геоинформационно-моделирующая система и оценка воздействий нефтедобычи на природную среду // Труды междунар. конф. «Современные проблемы информационных технологий и космический мониторинг», 14-16 июня 2001 г., Ханты-Мансийск. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. - С. 154 - 157.
  38. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Козин Е.С., Токарева О.С. Геоинформационное обеспечение задач комплексного мониторинга

- Большого Васюганского болота // Труды междунар. конф. ENVIROMIS2002 «Измерения, моделирование и информационные системы как средства снижения загрязнений на городском и региональном уровне», 6-12 июля 2002 г., Томск. - т. 1. - С. 92 – 98.
39. Булгакова И.В., Токарева О.С., Полищук Ю.М. Мониторинг воздействия сжигания попутного газа на природную среду нефтедобывающих территорий с использованием информационно-космических технологий // Химия нефти и газа: Материалы 5 Междунар. конф., 22-26 сентября 2003 г., Томск. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2003. – С. 560 – 562.
  40. Ерохин Г.Н., Копылов В.Н., Полищук Ю.М., Токарева О.С. Информационно-космические технологии для экологического анализа воздействий нефтедобычи на природную среду: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН, ИХН СО РАН, ЮНИИ ИТ; Науч. ред. д.ф.-м.н. В.А. Крутиков. – Новосибирск, 2003. – с. 98 – (Сер. Экология. Вып. 71).
  41. Bulgakova I.V., Polichtchouk Yu.M., Tokareva O.S. Evaluation of the impact of atmospheric pollution on the forest in oil-producing regions by use of images taken from space // Atmos. Oceanic Opt. – 2003. - Vol. 16. - № 5-6. - С. 464 - 467.
  42. Polichtchouk Yuri, Tokareva Olga, Bulgakova Irina. Space Images Processing Methodology for Assessment of Atmosphere Pollution Impact on Forest-Swamp Territories // Proceedings of SPIE. – 2003. - Vol. 5026. - P. 232 - 236.
  43. Полищук Ю.М., Токарева О.С., Булгакова И.В. Оценка воздействия нефтедобычи на лесоболотные экосистемы с использованием космоснимков среднего разрешения // Сибирский экологический журнал. – 2005. - № 1. – С. 3 - 11.
  44. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Геоинформационный подход к оценке воздействия сжигания попутного газа в факелах на нефтяных месторождениях на лесные комплексы // Материалы междунар. научно-практической конф. «Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты», 21-22 марта 2005 г., Томск. - Томск: STT. - 2005. – С. 250 - 252.

Подписано к печати 06.07.2006 г. Тираж 100 экз.  
Кол-во стр. 22. Заказ № 64-06.  
Бумага офсетная. Формат 60 × 84/16. Печать RISO.  
Отпечатано в типографии ООО «РауШ мБХ»  
Лицензия Серия ПД № 12-0092 от 03.05.2001г.  
634034, г. Томск, ул. Усова 7, ком. 052. тел. (3822) 56-44-54

