

**На правах рукописи**

**НИКИТИН Алексей Борисович**

**РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ОБРАБОТКА И ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ  
ПО ВОДНЫМ РЕСУРСАМ  
НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДАННЫХ**

**Специальность 05.13.01**

**«Системный анализ, управление и обработка информации»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени**

**кандидата технических наук**

**Уфа 2007**

Работа выполнена на кафедре геоинформационных систем  
Уфимского государственного авиационного технического университета

Научный руководитель	д-р техн. наук, проф. <b>ПАВЛОВ Сергей Владимирович</b>
Официальные оппоненты	д-р техн. наук, проф. <b>СУЛТАНОВ Альберт Ханович</b>  канд. техн. наук <b>ПОГОРЕЛОВ Григорий Иванович</b>
Ведущая организация	Федеральное государственное учреждение «Фонд информации по водным ресурсам» (ФГУ «Акваинфотека»)

Защита состоится 28 декабря 2007 года в 10:00 часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К.Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2007 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, проф.

**В.В.Миронов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность работы

Ввод в действие Водного кодекса Российской Федерации и Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов конкретизируют полномочия различных органов государственной власти по использованию, мониторингу и охране водных объектов. В связи с тем, что водные объекты (например, речная сеть бассейна крупной реки, расположенная на территории нескольких субъектов Российской Федерации) представляют собой, чаще всего, физически целостный объект, очень важно, чтобы представление различных участников водных отношений об отдельных частях водных объектов и их отдельных характеристиках, при их объединении составляли целостную картину о водных ресурсах Российской Федерации.

При этом необходимо стремиться к созданию единого информационного пространства в области водных отношений, которое составляло бы совокупность отдельных компонентов, каждый из которых содержит всю необходимую информацию уровня субъектов Российской Федерации. В тоже время субъектовые компоненты должны создаваться таким образом (организационно, структурно, технологически), чтобы их объединение в единую систему позволяло осуществлять качественное управление водными ресурсами. Уполномоченным органом исполнительной власти по управлению водными ресурсами в Российской Федерации является Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсах), которому для осуществления этого управления необходима полная, своевременная, непротиворечивая информация о текущем и прогнозируемом состоянии водных ресурсов.

Особенностью рассматриваемых водных, водохозяйственных и других объектов (реки, озера, каналы, водохранилища, гидротехнические сооружения) является их существенная протяженность и распределенность по всей территории России и сопредельных государств. Причем наличие информации о точном местоположении объектов, их взаимном расположении и взаимосвязи существенно влияет на качество управленческих решений, в связи с чем при создании современного информационного обеспечения предприятий, учреждений и органов Федерального агентства водных ресурсов в качестве технологической основы должны быть выбраны геоинформационные системы. Так как управление водными ресурсами реализуется на различных организационных уровнях: федеральном, бассейновом, территориальном, местном, то информационное обеспечение должно включать, обобщать с генерализацией, территориально распределенные информационные системы, и быть построено по иерархическому

принципу с разной степенью детализации, генерализации и обобщения информации на каждом уровне.

Для формального описания больших объёмов разнородных данных, характерных при управлении водными ресурсами Российской Федерации, хорошо зарекомендовал себя подход, основанный на использовании концепции многомерных информационных объектов (МИО), позволяющий производить эффективную обработку информации в корпоративных информационных системах, и в компактной форме описывать сложные структуры пространственных данных и алгоритмы их обработки.

Вопросам разработки подобного рода систем, в том числе для управления водными ресурсами, посвящен ряд работ отечественных и зарубежных авторов, в частности работы Р.З. Хамитова, М.А. Шахраманьяна, Е. Кодда, Дж. Мартина, А.Е. Арменского, А.А. Сахарова, В.И. Данилова-Данильяна, В.В. Кульбы, А.Г. Мамиконова, А.А. Барсегяна. и др., однако в них задачам распределенной обработки и хранения иерархически распределенной и взаимосвязанной пространственной информации уделялось недостаточно внимания.

В связи с этим, задача распределенной обработки и генерализации пространственной информации на основе многомерных моделей данных является актуальной как в теоретическом, так и в практическом плане.

### **Цель работы и задачи исследования**

Целью работы является создание единого информационного пространства для информационного обеспечения управления водными ресурсами Российской Федерации за счет построения моделей и методов для объединения и генерализации территориально распределенной пространственной информации о водных ресурсах субъектов Российской Федерации в единую систему.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать метод интеграции и генерализации разнородной (по типу, формату и способу описания) и распределенной (по территориальному месту хранения (в субъектах РФ) и по принадлежности к действующим информационным системам) пространственной информации о водных ресурсах на основе многомерных информационных объектов;
2. Разработать многомерную модель распределенных пространственных данных для информационного обеспечения управления водными ресурсами Российской Федерации;
3. Разработать алгоритмы генерализации и обработки распределенной

пространственной информации для решения прикладных задач управления водными ресурсами Российской Федерации (на примере задачи классификации территории РФ по количественным и качественным характеристикам водных ресурсов);

4. Разработать распределенную геоинформационную систему водных ресурсов Российской Федерации и внедрить ее в деятельность уполномоченного органа исполнительной власти (Росводресурсы).

### **Методика исследования**

В работе использовались методы системного анализа сложных систем, структурного анализа и проектирования (*SADT*), математического и геоинформационного моделирования, теория реляционных баз данных, концепция многомерных моделей данных и принципы объектно-ориентированного программирования.

**Научная новизна** работы содержится в следующих результатах.

1. Метод интеграции и генерализации разнородной распределенной пространственной информации, заключающийся в использовании многомерных информационных объектов для описания различных частей распределенных пространственных данных и их генерализации в единую модель на основе вновь введенной операции изменения, использование которого позволяет обеспечить объединение в единое информационное пространство информации на всех организационных уровнях управления водными ресурсами РФ при сохранении ее целостности.

2. Многомерная модель данных, являющаяся результатом применения разработанного метода интеграции и генерализации пространственных данных, которая определяет реальные структуры и связи распределенных пространственных данных по водным ресурсам РФ на основе информации, возникающей и хранящейся в субъектах РФ, что даёт возможность совместного представления и использования разнородной территориально распределенной информации о водных ресурсах.

3. Алгоритмы генерализации и обработки разнородной распределенной пространственной информации, основанные на совместном многомерном описании данных из различных информационных систем, позволяющие использовать и интерпретировать в геоинформационной системе информацию других информационных систем

### **Практическая значимость**

Разработанная многомерная модель данных, описывающая разнородную распределенную пространственную информацию, используемую при управлении водными ресурсами Российской Федерации, и позволяющая автоматизировать процессы сбора, хранения и обработки этой информации.

Разработанные алгоритмы генерализации и обработки распределенной пространственной информации для решения прикладных задач управления водными ресурсами (на примере задачи классификации территории РФ по количественным и качественным характеристикам водных ресурсов из программно-информационного комплекса «Государственный водный кадастр»), реализация которых в составе распределенной геоинформационной системы водных ресурсов Российской Федерации позволяет осуществлять обработку пространственной информации совместно информацией других информационных систем.

Распределенная геоинформационная система водных ресурсов РФ, внедренная в деятельность уполномоченного органа исполнительной власти (Росводресурсы), позволяющая на основе пространственной информации, возникающей и хранящейся в субъектах РФ и бассейновых водных управлениях, производить комплексную обработку пространственной информации на федеральном уровне управления водными ресурсами РФ.

Основные результаты работы внедрены в Федеральном агентстве водных ресурсов (свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2007620342 от 5.10.2007 и свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007613238 от 1.08.2007).

### **На защиту выносятся**

1. Метод интеграции и генерализации разнородной и распределенной пространственной информации, на основе многомерных информационных объектов и операций преобразования многомерных информационных объектов.
2. Многомерная модель распределенных пространственных данных для информационного обеспечения управления водными ресурсами Российской Федерации.
3. Алгоритмы генерализации и обработки распределенной пространственной информации для решения прикладных задач управления водными ресурсами Российской Федерации (на примере задачи классификации территории РФ по количественным и качественным характеристикам водных ресурсов).
4. Распределенная геоинформационная система водных ресурсов,

внедренная в деятельность уполномоченного органа исполнительной власти (Росводресурсы).

**Апробация работы.** Основные теоретические и практические результаты работы докладывались на следующих конференциях, форумах и семинарах: «Компьютерные науки и информационные технологии» (*CSIT* 2004 – 2007); ежегодных конференциях пользователей программных продуктов *ESRI* и *ERDAS*, (Голицыно, 2005 – 2007 гг.); ежегодных европейских конференциях пользователей программных продуктов *ESRI* и *ERDAS* (Варшава, 2005г.; Афины, 2006г.); Второй Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Мехатроника, автоматизация, управление» (Уфа, 2005 год); Всероссийской научно-практической конференции «УралЭкология. Природные ресурсы – 2005» (Уфа, 2005 год); Всероссийском совещании Федерального агентства водных ресурсов 9 – 10 ноября 2005 года «Проблемы и перспективы внедрения информационных технологий в Росводресурсах» (Уфа, 2006г.); Региональной зимней школе-семинаре аспирантов и молодых ученых (Уфа, 2007 г.).

**Публикации.** Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в 16 источниках, включающих 9 статей, 5 материалов конференций и семинаров, 2 свидетельства о регистрации программ и баз данных. Результаты работы опубликованы в 1 рецензируемом журнале из списка ВАК.

### **Структура и объем работы**

Работа включает введение, 4 главы основного материала, заключение, библиографический список из 120 наименований и 8 приложений.

Работа без библиографического списка и приложений изложена на 147 страницах машинописного текста, включая 50 рисунков и 7 таблиц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** приводится общая характеристика работы – обосновывается актуальность диссертационной работы, формулируется цель и задачи исследования, перечисляются методы исследования, отмечается научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

**Первая глава** диссертации посвящена анализу существующей системы управления водными ресурсами в Российской Федерации, видов и потоков информации, используемой в управлении водными ресурсами; исследованию систем обработки информации, используемых в системах управления водными ресурсами в России и за рубежом, а также анализу известных методов и способов интеграции пространственных данных

Российская Федерация является одной из наиболее обеспеченных водными ресурсами стран мира, занимая первое место в мире по запасам чистой питьевой воды и второе, после Бразилии, - по величине годового речного стока

(доля рек Российской Федерации от мирового уровня составляет порядка 22%, озер - около 30%, болот - свыше 25%).), однако по территории нашей страны водные ресурсы распределены крайне неравномерно (на наиболее освоенные районы европейской части страны приходится не более 10% водных ресурсов), также следует учесть значительное загрязнение поверхностных и подземных вод. Поэтому задачам рационального использования и эффективного управления водными ресурсами в нашей стране уделяется много внимания.

Управление водными ресурсами в Российской Федерации осуществляется на трех организационных уровнях: федеральном, бассейновом и территориальном. Проведенный анализ основных функций, задач в области управления водными ресурсами РФ, действующих информационных систем в системе управления водными ресурсами РФ, литературных источников показывает следующее: информационные потоки в трехуровневой системе управления водными ресурсами направлены как на решение задач на каждом организационном уровне, так и на обеспечение необходимой информацией вышестоящего организационного уровня (такую передачу информации, с требуемой степенью обобщения, с одного организационного уровня на вышестоящий уровень в системе управления водными ресурсами РФ назовем генерализацией информации); используемая при решении задач управления водными ресурсами информация носит преимущественно пространственный характер, она разнородна и распределена территориально и между организационными уровнями, однако, системы комплексной обработки распределенной пространственной информации о водных ресурсах в системе управления водными ресурсами РФ отсутствуют. При этом существует дублирование данных в различных, функционирующих автономно, информационных системах по водным ресурсам. То есть, для формирования единого целостного представления о водных ресурсах, решения задачи генерализации пространственной информации необходимо единое формальное описание разнородной пространственной информации, присутствующей на всех трех уровнях управления, для осуществления которого хорошо зарекомендовал себя подход, основанный на многомерных моделях данных. Для дальнейшего совместного использования и обработки пространственной информации по водным ресурсам РФ и информационного обеспечения процесса управления водными ресурсами РФ необходимо использование геоинформационных технологий и аппарата распределенных систем.

Учитывая все вышесказанное, необходимо разработать распределенную геоинформационную систему обработки пространственной информации по водным ресурсам на основе многомерных моделей.

**Вторая глава** посвящена разработке метода интеграции и генерализации разнородной (по типу, формату и способу описания) и распределенной (по территориальному месту хранения (в субъектах РФ) и по принадлежности к дейст-

вующим информационных системам) пространственной информации по водным ресурсам Российской Федерации.

Информационной основой управления водными ресурсами РФ является пространственная информация о водных, водохозяйственных и других объектах и территориях, которая представляется в виде географических (топографических) цифровых карт соответствующей территории: Российской Федерации, бассейнового водного управления, субъекта Российской Федерации. При этом структуры хранения этой информации (модели данных), иерархия которой приведена на рис.1, в каждом административно-территориальном образовании различаются.

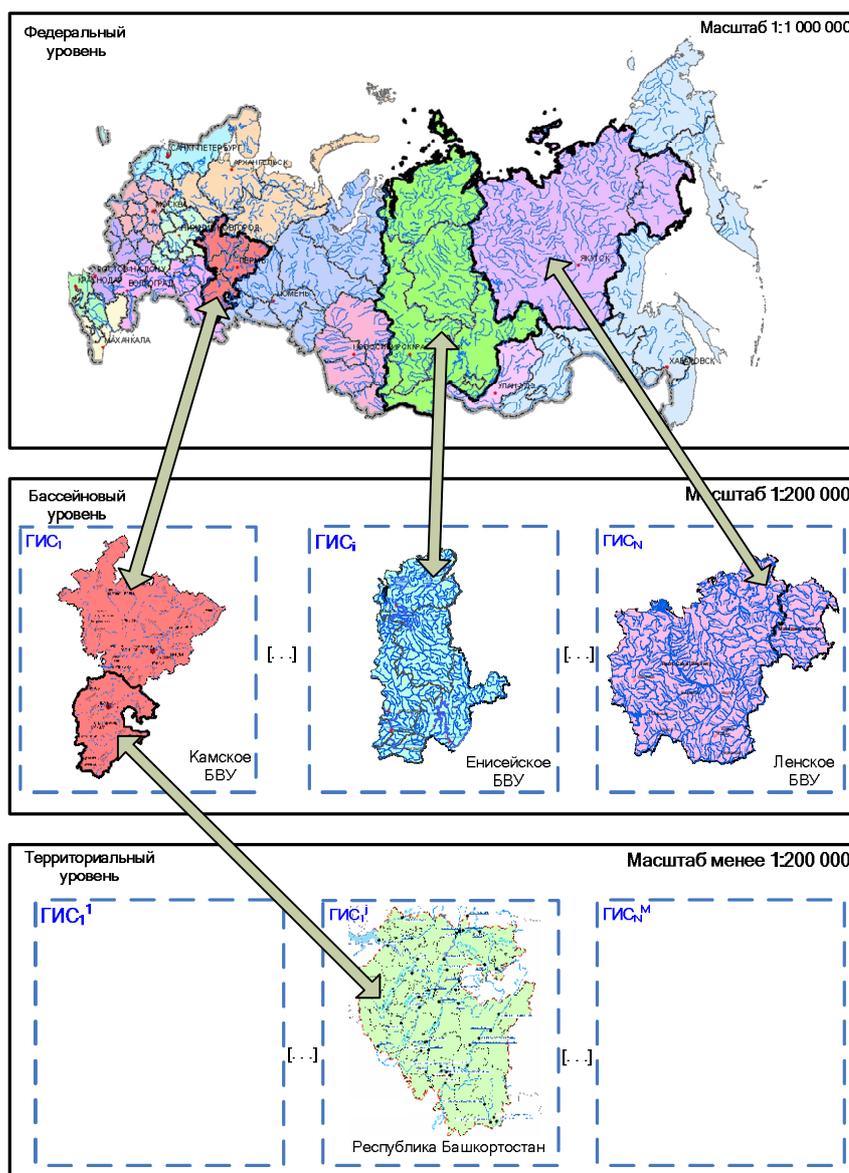


Рис.1. Иерархия пространственной информации

Для формирования единого описания пространственной информации о водных ресурсах необходимо определить виды структур хранения этой информации на территориях и описать методы их преобразования в единую много-

мерную модель пространственных данных по водным ресурсам.

Различают 3 основных типа соотношения моделей данных по водным ресурсам на территориях (на примере  $МД_\Phi$ ,  $МД_i$  – моделей данных федерального и бассейнового уровней соответственно; пример разных типов соотношения  $МД$  приведен на рис.2):

1. В случае идентичности структур  $МД_\Phi$  и  $МД_i$ , будем называть такие модели *однотипными*. Отношение преобразования моделей такого типа в единую многомерную модель пространственных данных по водным ресурсам обозначим  $F_i^{одн}$ .

2. В случае не идентичности по масштабам хранения  $МД_\Phi$  и  $МД_i$  будем называть *разнотипными по масштабам*. Отношение преобразования моделей такого типа в единую многомерную модель пространственных данных по водным ресурсам обозначим  $F_i^{рм}$ .

3. В случае не идентичности по составу информации  $МД_\Phi$  и  $МД_i$ , будем называть *разнотипными по составу*. Отношение преобразования моделей такого типа в единую многомерную модель пространственных данных по водным ресурсам обозначим  $F_i^{рс}$ .

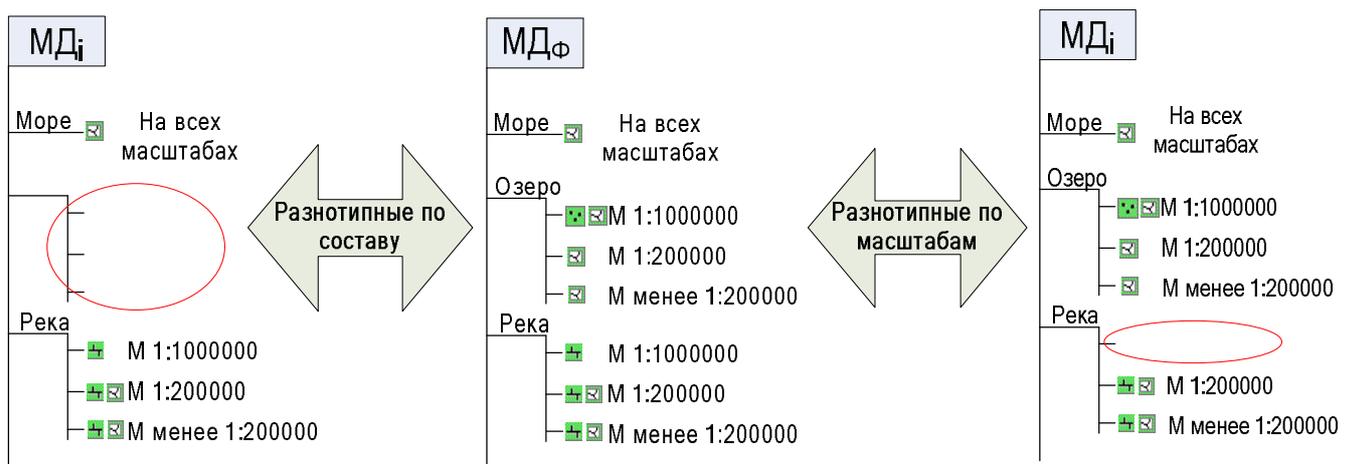


Рис.2. Разнотипные модели пространственных данных по водным ресурсам

Существующие многомерные модели данных, предложенные в работах С.В. Павлова, О.И. Христуло, С.В. Плеханова, позволяют описывать пространственные данные и операции над ними на основе многомерных информационных объектов (МИО), которые обозначаются  $T_i^n$ , и определяются через МИО меньшей размерности

$$T^n = \{ T_i^{n-1} \}_{i=\overline{1,k}}, \quad (1)$$

где  $T$  – имя МИО,  $n$  – размерность МИО,  $i$  – индекс (номер) МИО при рассмотрении совокупности МИО.

Для описания внутренней структуры МИО используется понятие схемы

МИО, представляющей собой множество, значения которого задают порядок вхождения МИО размерности  $n-1$  в МИО размерности  $n$ , то есть

$$S^n = S(T^n) = \{S(T^{n-1}), S_n\} = \{S^{n-1}, S_n\} = \dots = \{S_1, S_2, \dots, S_{n-1}, S_n\}, \quad (2)$$

где  $S_i$  –  $i$ -ый элемент схемы  $S^n$ .

Для реализации основных функций по обработке данных используются операции – проецирование (3) и объединение (4):

$$P_{S_{h,i}}(T^n) = T^{n-1}, \quad (3)$$

где  $T^n$  – исходный МИО размерности  $n$ ,  $S_{h,i}$  – значение элемента схемы, по которому выполняется проецирование,  $T^{n-1}$  – результат операции;

$$T^{n_1 + n_2 - 1} = T^{n_1} \mathbf{U} T^{n_2} \quad (4)$$

где  $T^{n_1}, T^{n_2}$  – исходные МИО,  $T^{n_1 + n_2 - 1}$  – результат операции,  $S^k$  – элемент схемы, по которому производится объединение,  $S^{n_1} \mathbf{I} S^{n_2} = S^k \neq \{\emptyset\}$ ,

Применительно к пространственным данным по водным ресурсам в территориальных отделах Росводресурсов МИО различных размерностей могут соответствовать:

$T^0$  – элементарной характеристике объекта (водного, водохозяйственного и др.);

$T^1$  – полному описанию точечного географического объекта (в зависимости от детальности информации, например, гейзер, водозабор и т.д.);

$T^2$  – полному описанию одного линейного географического объекта, как совокупности точек, соединенных отрезками (например, река, ручей, канал);

$T^3$  – полному описанию одного полигонального географического объекта, как совокупности линий, ограничивающих его контур (например, озеро, водохранилище)

$T^4$  – описанию группы однотипных объектов (например, речная сеть);

$T^5$  – описанию всех рассматриваемых объектов с некоторой степенью детализации (например, речная сеть масштаба 1:1 000 000);

$T^6$  – всей совокупности пространственных данных по водным ресурсам на территории, схема данного МИО имеет вид

$$S(T^6) = S^6 = \{S_{Г1}, S_{Г2}, S_{Г3}, S_4, S_5, S_6\}, \quad (5)$$

где  $S_{Г1} = \{\text{Идентификаторы атрибутов}\}$ ,  $S_{Г2} = \{\text{Идентификаторы узловых точек}\}$ ,  $S_{Г3} = \{\text{Идентификаторы линий}\}$ ,  $S_4 = \{\text{Идентификаторы объектов}\}$ ,  $S_5 = \{\text{Типы объектов}\}$ ,  $S_6 = \{\text{Уровни детализации (масштабы)}\}$ .

Для описания распределенной пространственной информации по водным ресурсам водным ресурсам расширим многомерную модель пространственных данных по водным ресурсам, описанную МИО  $T^6$  и схемой (5), и, с учетом трехуровневой системы управления водными ресурсами, определим МИО  $T^8$ .

При этом имеет место следующее соответствие:

$T^7$  – описание всех пространственных данных по водным ресурсам для бассейнового водного управления;

$T^8$  – описание пространственных данных по водным ресурсам Российской Федерации, схема данного объекта имеет вид

$$S(T^8) = S^8 = \{ S_{Г1}, S_{Г2}, S_{Г3}, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8 \}, \quad (6)$$

где  $S_{Г1}, S_{Г2}, S_{Г3}, S_4, S_5, S_6$  определены в (5),  $S_7 = \{\text{Идентификатор территориальной системы}\}$ ,  $S_8 = \{\text{Идентификатор бассейновой системы}\}$ .

Многомерная модель данных также содержит метаданные пространственных данных, описываемые МИО  $T^6_m$ , со схемой:

$$S(T^6_m) = S^6_m = \{ S_{M1}, S_{M2}, S_{M3}, S_{M4}, S_{M5}, S_{M6} \}, \quad (7)$$

где  $S_{M1} = \{\text{Метаатрибуты}\}$ ,  $S_{M2} = \{\text{Код объекта}\}$ ,  $S_{M3} = \{\text{Слои}\}$ ,  $S_{M4} = \{\text{Масштабы}\}$ ,  $S_{M5} = \{\text{Пользователи}\}$ ,  $S_{M6} = \{\text{Территориальные системы}\}$ .

В совокупности с метаданными пространственных данных многомерная модель пространственных данных по водным ресурсам определяется как

$$M_{\Pi} = M(T^8, T^6_m) = T^8 \overset{\substack{\text{КодОбъекта} \\ \text{КодСлоя} \\ \text{КодМасштаба}}}{\mathbf{U}} T^6_m = T^{11}_{\Pi}. \quad (8)$$

Для решения задач генерализации пространственной информации по водным ресурсам существующих операций над МИО недостаточно. Поэтому, необходимо ввести новую операцию для описания изменения отдельных характеристик МИО. Предлагается ввести операции изменения однотипных МИО.

$$C_{S_1, l}^0(T_{ex}^{n-3}, T_{вых}^{n-3}) : T_{ex}^{n-3} \xrightarrow{\Pi_{S_1, l}(T_{ex}^{n-3}) = f(\Pi_{S_1, l}(T_{ex}^{n-3}))} T_{вых}^{n-3}, \quad (9),$$

изменение значения атрибута  $l$  схемы  $S_1$  в объекте  $T_{вых}^{n-3}$  на значение некоего функционального преобразования  $f$  от значения атрибута  $l$  схемы  $S_1$  в объекте  $T_{ex}^{n-3}$ . И

$$C_{S_1, l}^1(\{T_{ex, i}^{n-3}\}, T_{вых}^{n-3}) : \{T_{ex, i}^{n-3}\} \xrightarrow{\Pi_{S_1, l}(T_{ex}^{n-3}) = f(\Pi_{S_1, l}(T_{ex, 1}^{n-3}), \dots, \Pi_{S_1, l}(T_{ex, m}^{n-3}))} T_{вых}^{n-3}, \quad (10),$$

изменение значения атрибута  $l$  схемы  $S_1$  в объекте  $T_{вых}^{n-3}$  на значение некоторого функционального преобразования (свертки)  $f$  от значений атрибутов  $l$  схемы  $S_1$  в наборе объектов  $\{T_{ex, i}^{n-3}\}$ .

На основе построенной многомерной модели и операций изменения МИО можно описать отношения преобразования  $F_i^{\text{одн}}$ ,  $F_i^{\text{pm}}$ ,  $F_i^{\text{pc}}$ . Отношения преобразования  $F_i^{\text{одн}}$  строятся на основе операции порождения МИО. На бассейновом уровне:

$$T_i^7 = \{T_{i, j}^6\} * J, \quad (11)$$

где  $j = \overline{1, M}$ ,  $M$  – количество тер. отделов в  $i$ -м БВУ,  $J$  – порядок вхождения. Аналогично формируется МИО  $T^8$  на федеральном уровне.

Разнотипные отношения  $F_i^{\text{pm}}$  и  $F_i^{\text{pc}}$  строятся на основе последовательного применения операций изменения и порождения МИО. Например, на бассейновом уровне (аналогично формируется МИО  $T^8$  на федеральном уровне):

$$C_{s_{1,l}}^1(\{T_{a,j}^6\}, T_{вых,j}^6) : \{T_{a,j}^6\} \xrightarrow{\Pi_{s_{1,l}}(T_{вых,j}^6) = f(\Pi_{s_{1,l}}(T_{1,j}^6), \dots, \Pi_{s_{1,l}}(T_{r,j}^6))} T_{вых,j}^6 \quad (12)$$

$$T_i^7 = \{T_{вых,j}^6\} * J$$

В работе рассматривается решение прикладных задач управления водными ресурсами на примере задачи классификации территорий РФ по показателям водных ресурсов. Исходная информация для классификации из одной информационной системы (ИС) по водным ресурсам при помощи МИО может быть описана следующим образом:

$T^0$  – одно значение одного показателя водных ресурсов;

$T^1$  – все значения одного показателя или одно значение всех показателей водных ресурсов;

$T^2$  – все значения всех показателей по водным ресурсам;

$T^3$  – все значения всех показателей по водным ресурсам за все временные интервалы;

$T^4$  – все значения всех показателей по водным ресурсам за все временные интервалы для всех территорий; и представлена МИО  $T_{ИС,i}^4$ , со схемой:

$$S(T_{ИС,i}^4) = S_{ИС,i}^4 = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}, \quad (13)$$

где  $S_1 = \{\text{Характеристики показателя}\}$ ,  $S_2 = \{\text{Код показателя}\}$ ,  $S_3 = \{\text{Временные интервалы}\}$ ,  $S_4 = \{\text{Код территории}\}$

Совокупность ИС, содержащих характеристики водных ресурсов, описывается МИО  $T_{ИС}^5$ , полученного на основе операции порождения из совокупности МИО  $\{T_{ИС,i}^4\}$ , где  $i$  – количество информационных систем. Предлагается дополнить описанную МИО  $T_{п}^{ll}$  многомерную модель пространственных данных по водным ресурсам информацией из действующих ИС, описанную МИО  $T_{ИС}^5$ :

$$M_k = M(T_{п}^{ll}, T_{ИС}^5) = T_{п}^{ll} \mathbf{U}^{КодТерритории} T_{ИС}^5 \quad (14)$$

Для решения задач классификации необходимо использование атрибутивной характеристики объекта, получаемое последовательным применением операции проецирования.

Например, расчет стандартного отклонения ведется по формуле

$$d_z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (T_{i,j}^0 - m_z)^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (T_{i,j}^0 - \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} (\Pi^{\Gamma} \Pi_{s,g} (\Pi_{s_{3,j}} (\Pi_{s_{4,i}} (\Pi_{s_{5,k}} (\Pi_{s_{6,m}} (\Pi_{s_{7,l}} (\Pi_{s_{8,b}} (T^8))))))))))^2}, \quad (15)$$

где,  $n$  – количество территорий,  $m_z$  – среднее значение,  $j$  – номер атрибута,  $i$  – номер объекта,  $k$  – номер требуемого слоя,  $m$  – требуемый масштаб,  $t$  – номер территории,  $b$  – номер бассейна.

Предложенные в данной главе метод и модель позволяют описывать единым образом территориально распределенные разнородные пространственные данные по водным ресурсам, осуществлять их интеграцию и генерализацию.

**В третьей главе** на основе проведенного системного анализа предметной области разработаны функциональная модель деятельности федерального агентства водных ресурсов на территориальном, бассейновом и федеральном

уровнях, информационная модель по водным ресурсам. На основе разработанной информационной модели была создана база геоданных (БГД), обобщенная структура которой представлена на рис. 3.

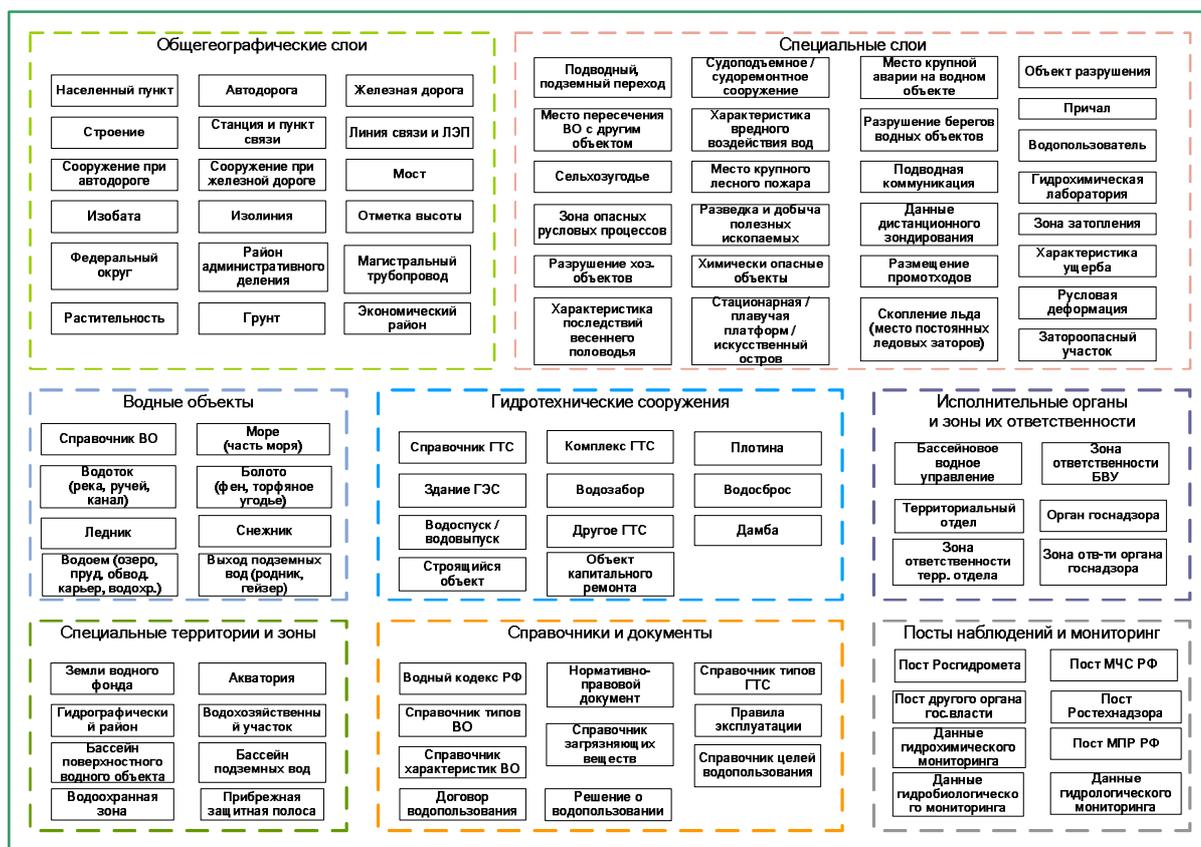


Рис. 3. Обобщенная информационная модель по водным ресурсам

На основе выявленных основных функций по обработке территориально распределенной разнородной пространственной информации, с учетом структуры информации в системе управления водными ресурсами Российской Федерации, разработаны алгоритмы этой обработки, позволяющие осуществлять интеграцию и генерализацию разнородной по типу хранения и представления, распределенной по месту хранения (как территориально, так и в различных существующих автономно информационных системах), пространственной и атрибутивной информации. Обобщенный алгоритм интеграции пространственных данных на федеральном уровне управления водными ресурсами приведен на рис. 4.

Разработанная информационная модель по водным ресурсам Российской Федерации и алгоритмы интеграции и генерализации разнородной распределенной пространственной информации являются основой для разработки распределенной геоинформационной системы водных ресурсов РФ.

**В четвертой главе** приводится практическая реализация разработанных алгоритмов и методов интеграции и генерализации пространственной информации в распределенной геоинформационной системе (ГИС) Росводресурсов, а так же проведен анализ эффективности разработанной системы.

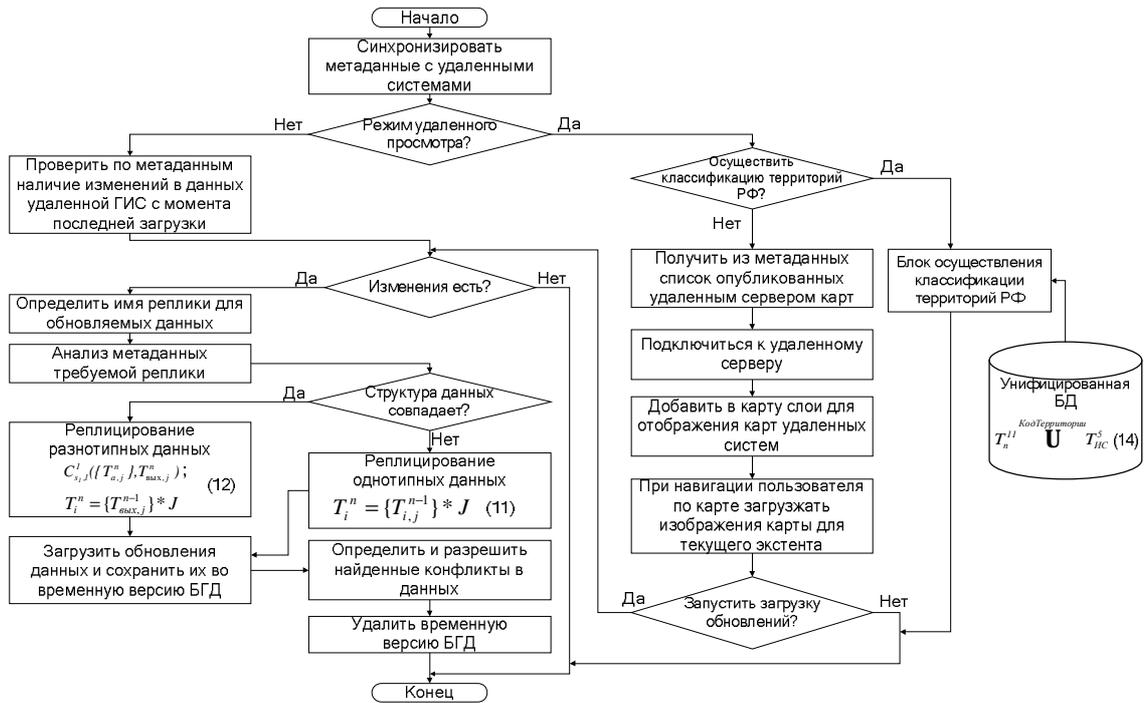


Рис.4. Обобщенный алгоритм интеграции пространственных данных по водным ресурсам на федеральном уровне управления водными ресурсами

Разработанная геоинформационная система Росводресурсов в составе программного обеспечения и базы геоданных, структура которой приведена на рис. 5, позволяет организовать комплексную обработку территориально распределенной разнородной пространственной и атрибутивной информации по водным ресурсам; обеспечивать информационную поддержку решения прикладных задач управления водными ресурсами. Интерфейс системы и примеры основных результатов, получаемых в ней, приведены на рис. 6.

Эффективность разработанной геоинформационной системы Росводресурсов определяется фактором реализуемости и успешностью её внедрения в Федеральном агентстве водных ресурсов. Использование предложенных методов интеграции и генерализации позволяет сократить объем информации, необходимой для представления пространственной информации. Например, для пространственных данных, описывающих речную сеть, результаты интеграции приведены в табл. 1. Удастся достичь сокращения логических единиц хранения в среднем в 27 раз без потери информации.

Таблица 1.

Результаты интеграции пространственных данных по речной сети

Вид данных / Характеристика	Реки и ручьи (линейные / полигональные)	Пересыхающие реки и ручьи	Подземные реки	Острова	Озера	Водохранилища
Исходное количество объектов	459663/ 745	81107	1255	16054	197208	273
Водных объектов после интеграции	18184 / 616	2608	66	1250	5089	139
Сокращение, раз	25,3 / 1,2	31	19	12,8	38,8	1,97

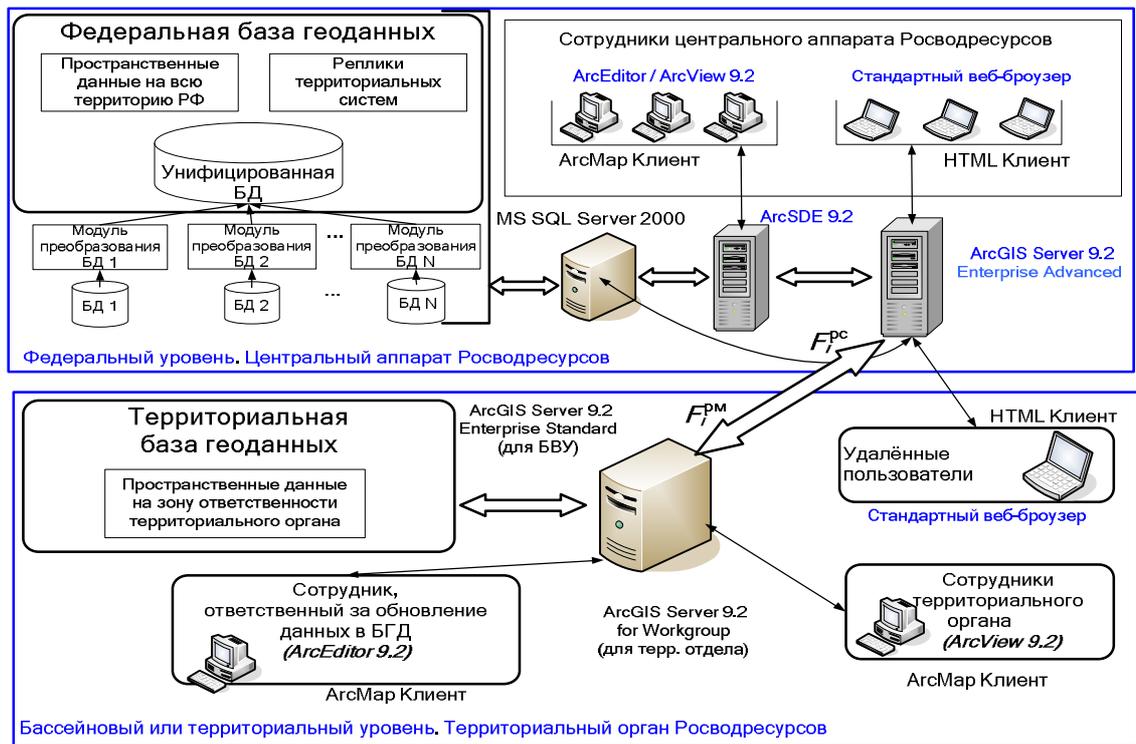


Рис. 5. Структура распределенной геоинформационной системы Росводресурсов

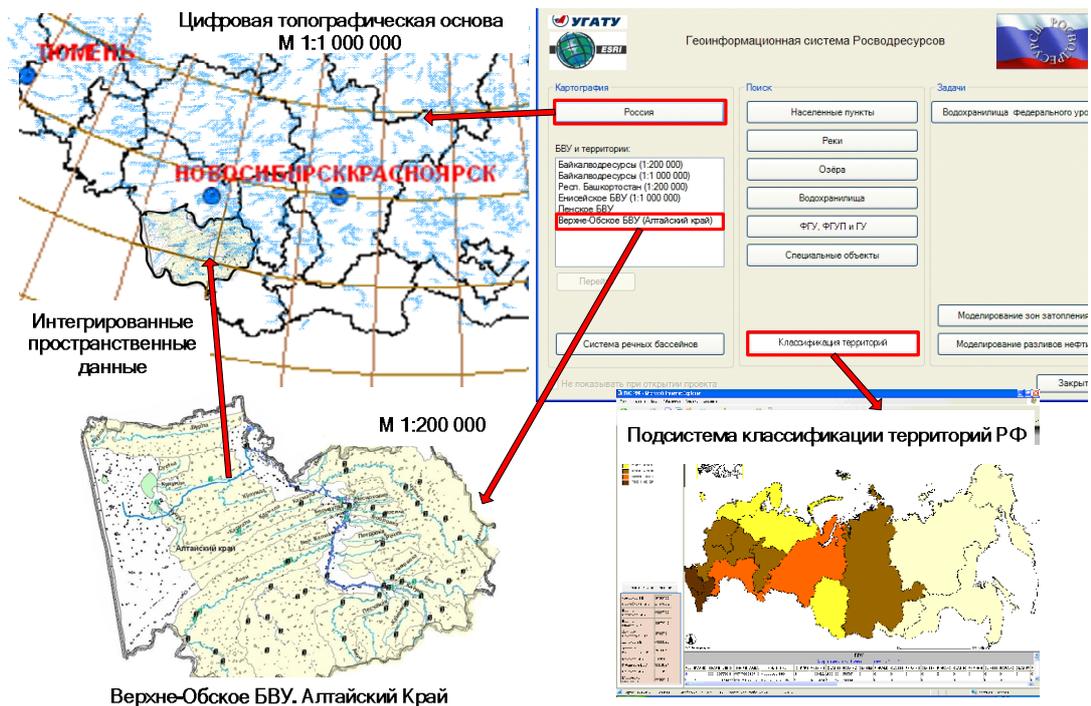


Рис. 6. Интерфейс распределенной геоинформационной системы Росводресурсов

Переход к отображению всей информации об объекте через единый пользовательский интерфейс геоинформационной системы позволяет снизить время поиска данных примерно в два раза, при условии хранения всей информации об объекте только в одной информационной системе. График зависимости времени поиска от количества присоединяемых систем приведен на рис. 7.

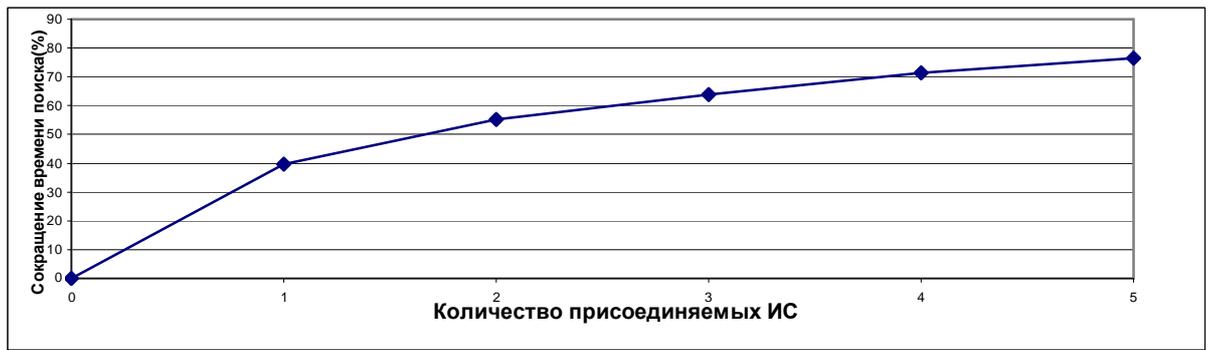


Рис. 7. Сокращение времени поиска информации в зависимости от количества присоединяемых систем

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1) Разработан метод интеграции и генерализации разнородной распределенной пространственной информации о водных ресурсах на основе многомерных информационных объектов и введенной операции их изменения.

2) Разработана многомерная модель распределенных пространственных данных для информационного обеспечения управления водными ресурсами Российской Федерации, позволяющая объединять в единое целое информацию, возникающую и хранящуюся в субъектах РФ и бассейновых водных управлениях.

3) Разработаны алгоритмы генерализации и обработки распределенной пространственной информации для решения прикладных задач управления водными ресурсами Российской Федерации (на примере задачи классификации территории РФ по количественным и качественным характеристикам водных ресурсов), которые позволяют использовать и интерпретировать в геоинформационной системе информацию других информационных систем.

4) Разработана распределенная геоинформационная система водных ресурсов Российской Федерации, которая внедрена в деятельность уполномоченного органа исполнительной власти (Росводресурсы). Результаты внедрения показали адекватность: предложенного метода интеграции и генерализации разнородной распределенной пространственной информации о водных ресурсах, многомерной модели распределенных пространственных данных по водным ресурсам и алгоритмов для интеграции и генерализации распределенной пространственной информации о водных ресурсах; показана возможность интеграции с существующими информационными системами в системе управления водными ресурсами РФ. При этом удастся достичь сокращения логических единиц хранения в среднем в 27 раз без потери информации, и сокращения времени, затрачиваемого пользователем на поиск информации, на 40-80%.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ

#### *В рецензируемых журналах из списка ВАК*

1. Структура разнородной территориально-распределенной пространственной информации при создании единой геоинформационной системы Росводресурсов / С.В. Павлов, Р.З. Хамитов, А.Б. Никитин // Вестник УГАТУ : на-

учный журнал Уфимского государственного авиационного технического университета. 2007. Т. 9, №4. С. 3 – 10.

***В других изданиях***

2. Геоинформационная система для информационной поддержки управления водными ресурсами России / С.В. Павлов, Р.З. Хамитов, А.Б. Никитин // Мехатроника, автоматизация, управление (МАУ'2005) : сб. тр. II Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Уфа : УГАТУ, 2005. Т. 2. С. 82 – 87.

3. Создание геоинформационной системы Федерального агентства водных ресурсов / С.В. Павлов, Р.З. Хамитов, А.Б. Никитин // ArcReview «Современные геоинформационные технологии». М. 2005. С. 6 – 7.

4. Автоматизированная информационно-коммуникационная система управления водными ресурсами (АИКСУ ВР) / С.В. Павлов, Р.З. Хамитов, В.Е. Гвоздев, В.Г. Крымский, А.Б. Никитин // Компьютерные науки и информационные технологии CSIT'2005: 7-я междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2005. Т.2. С. 230 – 234. (Статья на англ. языке).

5. Геоинформационная система водных ресурсов России / С.В. Павлов, Р.З. Хамитов, А.Б. Никитин // УралЭкология. Природные ресурсы – 2005 : Всерос. науч.-практ. конф. Уфа, 2005. С. 98 – 99.

6. Создание пользовательского интерфейса геоинформационной системы Росводресурсов (на англ.яз.) / А.Б.Никитин // Компьютерные науки и информационные технологии CSIT'2006: 8-я междунар. науч.-практ. конф. Карлсруэ, 2006. Т.1. С. 276 – 280. (Статья на англ. языке).

7. Геоинформационная система Федерального агентства водных ресурсов как подсистема АИКСУ ВР / С.В.Павлов, В.Е. Гвоздев, А.Б.Никитин, С.А.Абрамов // Проблемы и перспективы внедрения информационных технологий в Росводресурсах: Всерос. совещ. Федерального агентства водных ресурсов 9 – 10 ноября 2005 года. Уфа, 2006. С. 30 –40.

8. Интеграция гетерогенной географически распределенной пространственной информации при создании единой геоинформационной системы Росводресурсов / С.В. Павлов, Р.З. Хамитов, А.Б. Никитин // Компьютерные науки и информационные технологии CSIT'2007: 9-я междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2007. Т.1. С. 176 – 182. (Статья на англ. языке).

9. Технология обмена пространственными данными в распределенной ГИС, основанной на ArcGIS 9.2, на примере ГИС Росводресурсов / А.Б. Никитин, Т.М. Усов // Компьютерные науки и информационные технологии CSIT'2007: 9-я междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2007. Т.3. С. 156 – 159. (Статья на англ. языке).

10. Программное обеспечение зонирования территорий по различным критериям на основе данных из разнородных источников // свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007613238 от 1.08.2007

11. База данных подсистемы зонирования территорий по различным критериям на основе данных из разнородных источников (БД ПЗТРК) // свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2007620342 от 5.10.2007.

НИКИТИН Алексей Борисович

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ОБРАБОТКА И ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ  
ПО ВОДНЫМ РЕСУРСАМ  
НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДАННЫХ

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка  
информации

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 26.11.2007. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0.  
Тираж 100 экз. Заказ № 564

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Центр оперативной полиграфии УГАТУ  
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса, 12