

На правах рукописи



ПЬЯНКОВ СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

**НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ
РЕГИОНАЛЬНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ГИС
(на примере бассейна Воткинского водохранилища)**

Специальность 25.00.35 – Геоинформатика

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

Санкт – Петербург 2006

Работа выполнена в Пермском государственном университете

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор Сулонов Владимир Михайлович

Научный консультант:

Доктор географических наук, профессор Калинин Николай Александрович

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук,
профессор Биденко Сергей Иванович;

- кандидат технических наук
Викторова Наталья Владимировна

Ведущая организация:

Институт водных экологических проблем Сибирского отделения Российской Академии наук (ИВЭП СО РАН), г. Барнаул.

Защита состоится «2» ноября 2006 г. в 17 часов в аудитории № 406^б на заседании диссертационного совета Д212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: г. Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета

Автореферат разослан «21» сентября 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
д.т.н., профессор



Бескид П.П.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В настоящее время наблюдается интенсивное внедрение новых информационных методов в географические науки. Как правило, это связано с использованием геоинформационных технологий (ГИС-технологий), которые обладают большими возможностями отражения, анализа и моделирования географических объектов и явлений по сравнению с традиционными способами.

Создание картографических и тематических баз данных, разработка и внедрение географических информационных систем (ГИС) различного иерархического уровня и территориального охвата невозможно без использования современных информационных технологий. Их применение позволило вывести решение географических задач на качественно иной уровень. Это нашло свое отражение в работах С.Н. Сербенюка, А.М. Берлянта, В.С. Тикунова, А.В. Кошкарёва, И.К. Лурье и др.

Сокращение сети метеорологических станций и водомерных постов на реках, озерах и водохранилищах привело к невозможности получения объективных гидрологических сведений. Так, на территории водосбора Воткинского водохранилища, где более 30 000 рек, за период с 1987 по 1991 гг. число пунктов наблюдений уменьшилось более чем в два раза и на сегодняшний день действует всего около 30 водомерных постов. В этой связи на первый план выходят косвенные методы определения гидрологической информации.

Известно, что топографические и тематические карты являются источником ряда важнейших гидрографических характеристик рек и их бассейнов, необходимых для анализа и выявления закономерностей гидрологического режима водных объектов. В то же время, в имеющихся изданиях водного кадастра приведены далеко не все гидрографические характеристики рек и их бассейнов и не по всем водомерным постам (например, средние уклоны бассейнов и главного водотока, густота речной сети и т.д.). Это связано с ограниченными возможностями традиционных способов определения гидрографических характеристик водных объектов и их бассейнов.

Внедрение геоинформационных систем и технологий позволяет не только облегчить и автоматизировать работу, но и существенно расширить использование топографических и тематических карт, которые содержат большой объем информации, необходимой для анализа гидрологического режима водных объектов. Сущность географических информационных систем состоит в том, что они позволяют так или иначе собирать данные, создавать базы данных, вводить их в компьютерные системы, хранить, обрабатывать и преобразовывать, а потом выдавать по запросу пользователям чаще всего в картографической форме, либо в виде таблиц, графиков, текстов. Таким образом, использование ГИС для создания пространственных и атрибутивных баз данных и выполнения гидрологических исследований представляется весьма перспективным.

Цель работы. Разработка научно-методологических основ создания региональной гидрологической геоинформационной системы и их реализация на примере ГИС «Бассейн Воткинского водохранилища».

Основные задачи исследований.

- создание структуры, разработка логической организации и наполнение картографической и атрибутивной баз данных региональной гидрологической ГИС;
- разработка научно-обоснованных методов функционирования подсистем ГИС;
- создание программных модулей по математико-картографической обработке гидрографической и гидрологической информации;
- определение и уточнение гидрографических и гидрологических характеристик рек и их бассейнов (в пределах Воткинского водохранилища).
- выявление средствами ГИС-технологий пространственных связей характеристик стока с его основными факторами.

Объект исследования.

Объектом исследования являются современные геоинформационные технологии и ГИС для решения прикладных гидрологических задач.

Научная новизна.

- научно-обоснованные методы функционирования региональной гидрологической ГИС;
- предложено применение математико-картографического моделирования при пространственном анализе гидрологических процессов и явлений;
- методика использования ГИС-технологий в исследовании пространственных связей характеристик стока с его основными определяющими факторами;
- на основе геоинформационных технологий предложена методика определения и уточнения гидрографических и гидрологических характеристик рек и их бассейнов;
- впервые рассчитан ряд морфометрических, гидрографических и гидрологических характеристик для территории бассейна Воткинского водохранилища.

Практическая значимость.

Созданная гидрологическая ГИС регионального уровня позволяет проводить анализ и моделирование гидрологических процессов и явлений проходящих на территории Воткинского водохранилища (территория Пермского края): снеготаяние, прохождение паводков, формирование ледовых явлений и т.п. Результаты исследований нашли свое применение в работе Управления по охране окружающей среды администрации Пермской области, Главного управления по делам ГО и ЧС Пермской области, Главного управления природопользования администрации Пермской области, Камско-Уральского бассейнового управления по охране и воспроизводству рыбных запасов и регулированию производства.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с грантом РФФИ № 02-07-90225 «Гидрологическая ГИС бассейна Воткинского водохранилища» (2002-2004 гг.). Методы создания региональной гидрологической геоинформационной системы нашли свое отражение в грантах РФФИ (проекты 04-05-96051, 04-07-96007).

Разработаны 2 методических пособия:

1. Определение гидрографических характеристик водных объектов: Методические указания к лабораторным работам/ Перм. ун-т. – Пермь, 2000. – 28 с. (соавтор Калинин В.Г.);

2. Геоинформационные системы и технологии. Основные понятия, определения и опыт применения // Пособие для учителя. Пермь. 2004. 50 с.

Основные положения, выносимые на защиту.

- методология создания региональной гидрологической геоинформационной системы;

- программные модули по математико-картографической обработке гидрографической и гидрологической информации;

- определение и уточнение гидрографических и гидрологических характеристик рек и их бассейнов (в пределах Воткинского водохранилища);

- пространственные связи характеристик стока с его основными факторами, выявленные средствами ГИС-технологий.

Исходные материалы и личный вклад автора. Исходными материалами послужили цифровые векторные карты (М 1:1000000, М 1:200000) (Роскартография РФ), растровые карты (М 1:1000000, М 1:200000 М 1:100000), «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши». Том. 1. Вып. 25. Бассейн реки Камы. Л., 1988; «Ресурсы поверхностных вод. Гидрологическая изученность» Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Вып. 1. Кама, космоснимки территории Урала, тематические карты Пермской области.

В созданной ГИС приводятся сведения не только по 52 водосборам рек, на которых организованы режимные наблюдения и 25 метеорологическим станциям, но и предусмотрены возможности математико-картографического моделирования гидрологических процессов и явлений. Программным средством реализации задач диссертации выбрана ГИС «ArcView» (модули «3D Analyst»; «Spatial Analyst»).

Личный вклад автора в выполнении работы заключается в постановке цели и задач, создании структуры ГИС и логической организации ГИС, разработке методики исследований, анализе и обобщении результатов, алгоритмов обработки пространственных и тематических данных, реализации программных модулей.

Апробация работы. Основные результаты доложены и обсуждены на 17 научных конференциях и совещаниях:

1. IV Международная конференция «Распознавание образов и анализ изображений» (Новосибирск, 1998);
2. Второй Всероссийский научный молодежный симпозиум «Безопасность биосферы - 98» (Свердловск, 1998);

3. Научно-практическая конференция “Гидрология Урала на рубеже веков” (Пермь, 1999);
4. VII Всероссийский форум “Геоинформационные технологии. Управление. Природопользование. Бизнес. Образование” (Москва, 2000);
5. Международная научно-практическая конференция “Геоинформатика - 2000” (Томск, 2000);
6. Международная научно-практическая конференция «География, общество, окружающая среда: развитие географии в странах Центральной и Восточной Европы» (Калининград, 2001);
7. Международная конференция «Интер-Карто VIII: ГИС для устойчивого развития территорий» (Санкт-Петербург, 2002);
8. Научная конференция по результатам исследований в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды в государствах-участниках СНГ, посвященная 10-летию образования Межгосударственного совета по гидрометеорологии (Санкт-Петербург, 2002);
9. Международная научно-практическая конференция «География и регион» (Пермь, 2002);
10. IX Всероссийский форум «Геоинформационные технологии. Управление. Бизнес. Образование» (Москва, 2002);
11. X Всероссийский форум «Геоинформационные технологии. Управление. Природопользование. Бизнес. Образование» (Москва, 2003);
12. Международная конференция «Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений» (Барнаул, 2003);
13. XI Всероссийский форум «Геоинформационные технологии. Управление. Природопользование. Бизнес. Образование». 2-8 июня 2004. (Москва, 2004);
14. ИнтерКарто 10: ГИС для устойчивого развития территорий. Международная конференция. 12-19 июля 2004. Владивосток (Россия), Чанчунь (КНР);
15. Международная выставка и научный конгресс «ГЕО-СИБИРЬ - 2005». (Новосибирск, 2005);
16. Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы исследований водохранилищ». (Пермь, 2005);
17. XII Всероссийский форум «Геоинформационные технологии. Управление. Природопользование. Бизнес. Образование». (Москва, 2005).

Публикации. Автором опубликовано 64 работы; из них по теме диссертации – 29, в том числе статей – 9 (5 в центральной печати), тезисов докладов – 20.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 127 страниц машинописного текста состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 104 источника и 1 приложения. В ней содержится 43 рисунка и 25 таблиц.

Основное содержание работы

Во введении дана формулировка проблемы и обоснована ее актуальность, определены цели и задачи исследований, отмечена ее научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о структуре диссертации и апробации ряда полученных результатов.

В первой главе представлен критический анализ публикаций по исследуемой проблеме, даны основные понятия и определения. Обоснован выбор программных средств.

Основная роль в ГИС принадлежит картографической информации. Картографический метод является одной из форм пространственного моделирования изучаемых объектов. Моделирование в ГИС – это создание многослойной электронной карты, в которой опорный слой описывает географию определенной территории, а каждый из остальных – один из аспектов состояния этой территории. Картографическая модель может показать важные в географическом смысле пространственные отношения исследуемого объекта с другими объектами и явлениями на основе различного сочетания и анализа слоев.

В настоящее время существует достаточно большой рынок информационных и геоинформационных систем имеющих гидрологическую направленность. Рассмотрены наиболее характерные гидрологические информационные и геоинформационные системы, носящие как комплексный характер, так и узко прикладной.

Доказано, что среди современных геоинформационных систем (как инструментальных средств) наиболее эффективной, при создании гидрологических информационных и геоинформационных систем, является GIS ArcView 3.3 с ее расширениями и языком программирования Avenue.

Во второй главе показано, что создание геоинформационной системы определенного тематического содержания, в первую очередь, связано с решением вопросов формирования структуры ГИС и организации пространственных и атрибутивных данных в зависимости от назначения и спектра решаемых задач (особенностей функционирования). В основе структуры региональной гидрологической ГИС «Бассейн Воткинского водохранилища» лежит бассейновый подход, поскольку изучение какого-либо водотока или водоема начинается именно с водосбора, где происходит формирование гидрологического режима водных объектов. Указаны структуры картографических и атрибутивных баз данных ГИС (рис. 1, 2).

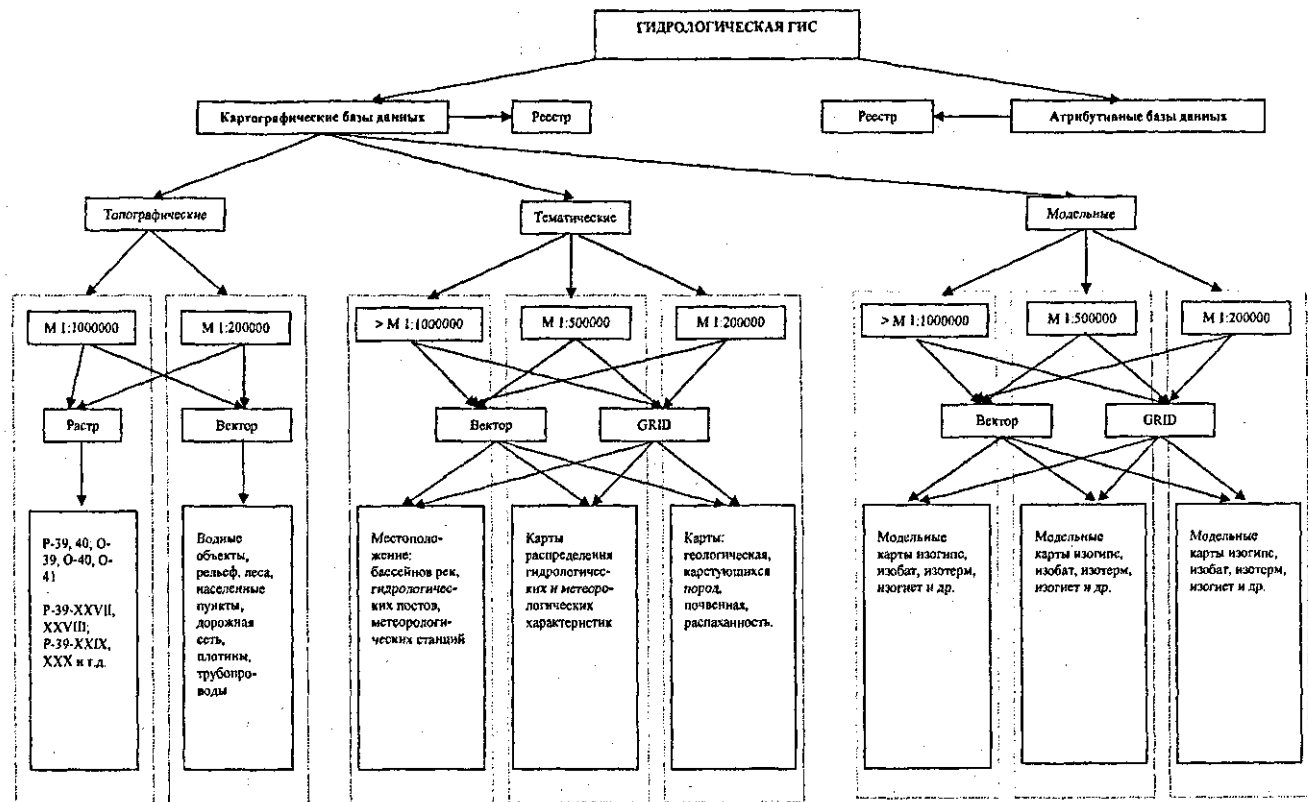


Рис. 1 Организация картографической базы данных в гидрологической ГИС

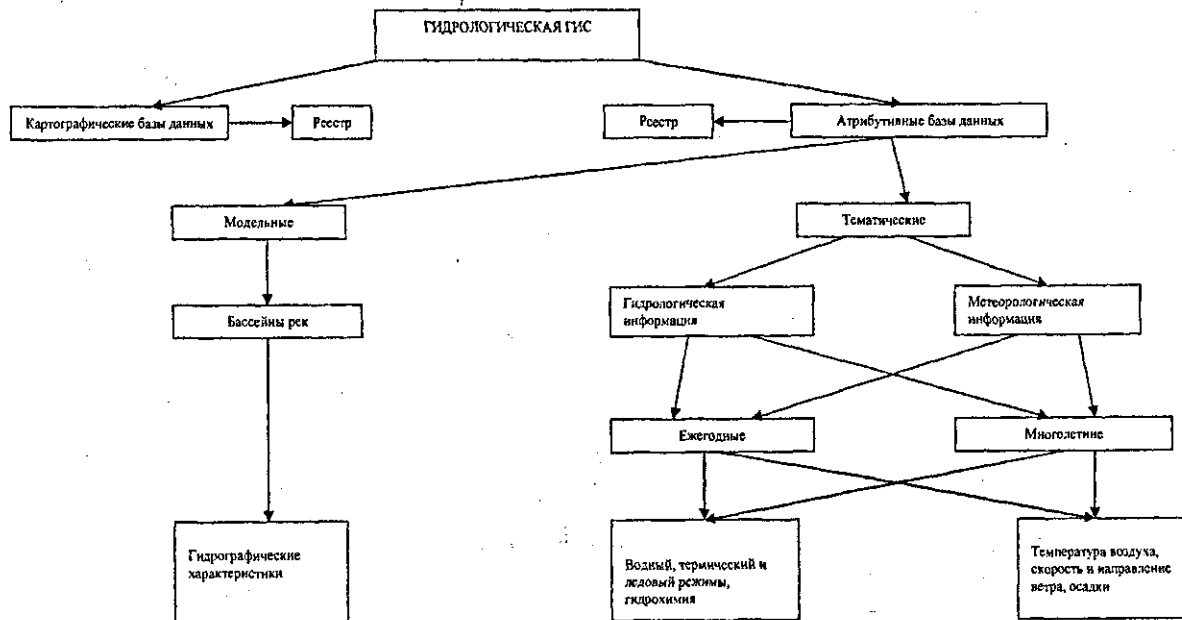


Рис. 2. Организация атрибутивной базы данных в гидрологической ГИС

Создание представленной гидрологической ГИС направлено на решение широкого класса задач, весь спектр которых по степени сложности можно разделить на четыре группы:

1. Создание и ведение составляющих гидрологической базы данных.
2. Определение и уточнение гидрографических и гидрологических характеристик рек и их бассейнов.
3. Цифровое картографическое моделирование для расчета гидрографических и гидрологических показателей.
4. Гидрологический анализ.

Рассмотрено использование аппарата математико-картографического моделирования при создании гидрологической ГИС. Под математико-картографическим моделированием понимают «построение и анализ математических моделей по данным, снятым с карт, создание новых производных карт на основе математических моделей» [Жуков, Сербенюк, Тикунов, 1980]. Для математико-картографического моделирования характерно системное сочетание математических и картографических моделей, при котором образуются цепочки и циклы моделей-звеньев: карта – математическая модель – новая карта – новая математическая модель и т.д. Таким образом, математико-картографические модели могут выражаться либо в простых формах, либо в виде сложного многостадийного процесса, который строится из предыдущих моделей-звеньев.

Чтобы адекватно построить модель необходимо учитывать специфику задачи. Поэтому, методы построения картографической модели классифицируются следующим образом:

- 1) не учитывающие пространственное расположение данных;
- 2) учитывающие пространственное расположение данных только для представления результатов анализа;
- 3) учитывающие пространственное расположение данных на всех этапах исследования.

Рассмотрено функционирование ряда подсистем ГИС:

Поиск и определение данных.

Одной из первых, наиболее важных функциональных возможностей является поиск объектов. В гидрологической ГИС поиск объектов реализован по наименованию, их пространственному отношению к другим объектам (например, нахождение в пределах бассейна населенных пунктов, рек, постов, метеостанций и т.д.), а также в заданном радиусе, например, ближайшей от гидрологического поста метеостанции с отображением направления и расстояния.

Статистическая обработка картографических и атрибутивных баз данных.

Достоинством региональной гидрологической ГИС является вычисление пространственных характеристик. Так, в пределах любого бассейна имеется возможность расчета линейных и площадных параметров объектов, причем, как суммарных значений, например, длины рек или площади, занятой озерами, так

и с вычислением показателей каждого объекта и его доли от общего суммарного значения, что очень важно для исследований и расчетов речного стока, особенно по неизученным рекам. Статистическая обработка атрибутивных баз данных производится для любой метеостанции или гидрологического поста относительно структуры атрибутивной базы данных, рассмотренной выше. Описательная статистика рассчитывается:

- по годам (для любого гидрологического поста или метеостанции за многолетний период);
- по месяцам (для отдельно взятого пункта наблюдений по среднемесячным значениям за многолетний период);
- по «станциям» (для выбранных метеостанций или гидрологических постов по любой характеристике).

Результатом статистической обработки ряда наблюдений является стандартный набор описательной статистики (количество членов ряда, среднее, максимальное, минимальное, среднеквадратическое отклонение, амплитуда), включая коэффициенты вариации и асимметрии. Здесь же выполняется построение локальных зависимостей между различными характеристиками с расчетом коэффициентов корреляции и уравнений регрессии. В качестве буферной зоны задается доверительный интервал и выполняется анализ отскочивших точек

Обработка данных, имеющих непрерывную пространственную характеристику.

Для работы с данными, имеющими непрерывную характеристику (GRID-темами), в ГИС программно реализованы следующие функции:

- географическая привязка GRID-темы по опорным точкам необходима для решения проблемы увязывания имеющихся данных проекта с другими GRID-темами, представленными в иной проекции или не имеющими таковой;
- сдвиг и поворот GRID-темы реализует перемещение на заданную пользователем величину по осям X и Y;
- слияния GRID-тем в одну общую GRID-тему;
- вырезание GRID-темы с использованием «маски», полигональной темы или графики;
- передача информации, представленной в GRID-теме, в набор точек с заданным шагом по выбранной полилинии;
- вычисление описательной статистики значений ячеек GRID-темы в пределах выбранного полигонального объекта(ов) или попадающих в контур (полигон, прямоугольник, круг);
- пространственная корреляция основана на двух способах формирования выборок: методом плавающего окна и на основе бассейнового подхода.

Подбор реки-аналога.

Одной из наиболее важных гидрологических задач в случае недостаточности данных наблюдений на исследуемом водотоке является подбор пункта или реки-аналога. Создан программный инструмент, с помощью которого существенно облегчается задача подбора реки-аналога. В его состав

входит нахождение пространственно близких к исследуемому бассейну других бассейнов (удаленность по центрам тяжести, площадь, средняя высота). Имеется возможность вычисления основных гидрографических характеристик потенциальных аналогов или использование ранее полученных табличных данных. Расчет производится по любым показателям (полям атрибутивных баз данных), определяемым пользователем.

В третьей главе рассмотрена оценка точности выполнения картометрических работ традиционными способами и с применением современных технологий. Доказана возможность и эффективность использования ГИС-технологий при решении задач по определению линейных и площадных характеристик географических (в том числе и гидрографических) объектов.

В рамках созданной региональной гидрологической ГИС "Бассейн Воткинского водохранилища" выработана методика определения и на новом качественном уровне с использованием технологий построения цифровых моделей рельефа (TTN, GRID) проведен расчет основных гидрографических и морфометрических показателей.

Для рек, на которых организованы режимные наблюдения, и их бассейнов получены следующие характеристики: площади поверхности водосборов и их проекции на плоскости, средние, максимальные и минимальные высоты и уклоны бассейнов, длины и уклоны водотоков, коэффициенты густоты речной сети, озерности, лесистости, заболоченности, площади зеркал водохранилищ по районам и участкам и др. Кроме того, впервые рассчитаны некоторые новые показатели и коэффициенты, определение которых традиционными методами крайне сложно или практически невозможно.

При исследовании влияния рельефа на сток рек наибольший интерес представляет его горизонтальная и вертикальная расчлененность, определяющая условия дренирования грунтовых вод. Показателем горизонтальной расчлененности рельефа обычно является коэффициент густоты речной и овражно-балочной сети, а в качестве показателя вертикальной расчлененности часто используется глубина вреза речных долин и русел. Доказано, что коэффициент расчлененности рельефа с учетом «горности бассейна» наиболее адекватно описывает закономерности процессов формирования речного стока.

В дальнейшем рассмотрено использование программно реализованного аппарата математико-картографического моделирования при характеристике бассейнов рек: представлена оценка вида и параметров пространственного распределения стока и осадков, а также выполнен корреляционный и регрессионный анализ на примере бассейна Вишера - Рябинино.

Определены возможные законы распределения факторов, влияющих на формирование стока водосборов бассейна Вишера - Рябинино, с целью выявления закономерностей пространственного распределения данных факторов, а также оценки временного изменения параметров этих распределений.

При проверке гипотез о принадлежности исследуемых

пространственных факторов (рельеф, сток, осадки), оказалось, что им наиболее соответствует лог-нормальное распределение (критерии χ^2 , Колмогорова).

Оценку влияния количества осадков на формирование стока исследуемой территории можно свести к нахождению пространственной зависимости между наблюдаемых случайных величин. Оценив функцию плотности распределения и указав ее принадлежность семейству экспоненциальных, распределений рассмотрены возможные корреляционные и регрессионные зависимости рассматриваемых поверхностей. Модель реализована на использовании фокальных статистик, вычисляемых функцией анализа соседства. Высокий коэффициент корреляции между стоком и осадками достигает минимального значения на юго-западе и максимального на северо-востоке исследуемого бассейна. Легко предположить, что на формирование стока и осадков оказывает влияние рельеф.

В дальнейшем произведена оценка параметров линейной регрессионной модели, где в качестве зависимой величины выступает сток, а независимой – осадки. Полученные параметры a , b и ошибка моделирования (e) картографированы. Произведена проверка гипотезы о значимости модели регрессии с помощью критериев Стьюдента и Фишера и показано, что построенная модель удовлетворяет обоим критериям.

Заключение

В работе рассмотрены научно-методологические основы создания региональных гидрологических геоинформационных систем. В результате проведенного исследования получены следующие основные результаты:

1. Разработаны научно-обоснованные методы создания региональной гидрологической ГИС;

2. Создана структура и произведено наполнение картографической и атрибутивной баз данных региональной гидрологической ГИС (на примере бассейна Воткинского водохранилища). Детально рассмотрены подсистемы гидрологической ГИС, отражающие особенности объекта исследования и наблюдений над ним. Выделены классы задач, которые можно решить средствами региональной гидрологической ГИС;

3. Созданы программные модули по обработке гидрографической и гидрологической информации как на основе оверлейных операций, так и традиционными методами;

4. Реализованы методы математико-картографического моделирования гидрологических процессов и явлений. Рассмотрено пространственное моделирование гидрологических процессов и явлений статистическими методами;

5. Определены и уточнены гидрографические и гидрологические характеристики рек и их бассейнов (в пределах Воткинского водохранилища).

Впервые получены гидрографические характеристики, расчет которых традиционными методами практически невозможен;

6. Выявлены средствами ГИС-технологий пространственные связи характеристик стока с его основными факторами. Получен новый коэффициент расчлененности рельефа, учитывающий долю «горности бассейна».

Таким образом, в работе представлены новые решения по хранению, обработке, анализу и представлению гидрологической информации. На примере бассейна Воткинского водохранилища апробировано создание комплексной региональной гидрологической системы, направленной на решение широкого класса задач по обработке пространственной информации.

Основные публикации, выполненные по теме диссертационной работы

Основное содержание диссертации изложено в 29 научных публикациях автора, среди которых наиболее значительными являются следующие работы:

Работы из списка ВАК

1. Некоторые аспекты применения геоинформационных технологий в гидрологии // Метеорология и гидрология. 2000. № 12. С. 71-78 (соавтор Калинин В.Г.).

2. Гидрологическая геоинформационная система «Бассейн Воткинского водохранилища» // Метеорология и гидрология. 2002. № 5. С. 95-100 (соавтор Калинин В.Г.).

3. Использование гидрографических характеристик рек и их бассейнов в гидрологических расчетах // Метеорология и гидрология. 2002. № 11. С. 75-80 (соавтор Калинин В.Г.).

4. К вопросу о влиянии рельефа на сток рек Воткинского водохранилища // Метеорология и гидрология. 2004. № 3. С. 98-104 (соавтор Калинин В.Г.).

5. Изучение оползневой деятельности на берегах Камского водохранилища с применением ГИС-технологий // Геоморфология. М.: Изд-во «Наука». 2004. Вып. 4. С. 55-62. (соавторы Назаров Н.Н., Симеренов С.А., Тюняткин Д.Г.)

Другие

6. Использование геоинформационных систем для определения гидрографических характеристик водных объектов // Гидрология Урала на рубеже веков: Тезисы докладов науч. - практич. конф. / Перм. ун-т. - Пермь, 1999. С. 22-23 (соавтор Калинин В.Г.).

7. К вопросу о точности выполнения картометрических работ традиционными способами и с применением ГИС-технологий // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала: Межвуз. сб. науч. тр./ Перм. ун-т. – Пермь, 2000. С. 50-54 (соавтор Калинин В.Г.).

8. О новых подходах в определении гидрографических характеристик и их роль в расчетах стока // Научная конференция по результатам исследований в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды в

государствах-участниках СНГ, посвященная 10-летию образования Межгосударственного совета по гидрометеорологии: Тез. докл. Секция 2. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2002. С. 101-102 (соавтор Калинин В.Г.).

9. Опыт создания цифровой модели дна водохранилища (на примере Камского) // ИнтерКарто 8: ГИС для устойчивого развития территорий. Материалы международной конференции, Хельсинки - Санкт-Петербург, 28 мая - 1 июня 2002. С. 229-231 (соавтор Калинин В.Г.).

10. Особенности информационной обработки и анализа данных в гидрологической ГИС // Тез. докл. XI Всероссийского форума «Рынок геоинформатики России. Современное состояние и перспективы развития». - М.: ГИС-Ассоциация, 8-10 июня 2004. С. 59-60 (соавтор Калинин В.Г.).

11. Геоинформационные технологии в гидрологических исследованиях // Тез. докл. VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 1. Состояние и перспективы развития систем гидрологических наблюдений и информационное обеспечение потребителей. Санкт-Петербург. Гидрометеоиздат, 2004. С. 69-71 (соавтор Калинин В.Г.).

12. Гидрологическая ГИС водохранилищ (на примере камского каскада) // Региональный конкурс РФФИ-Урал. Результаты научных исследований, полученные за 2004 г. Аннотационные отчеты. Пермь; Екатеринбург: УрО РАН, 2005. С. 270-273. (соавторы Матарзин Ю.М., Калинин В.Г., Мацкевич И.К.).

13. Исследование гидрологического режима крупных водохранилищ с использованием геоинформационных технологий (на примере камских) // Региональный конкурс РФФИ-Урал. Результаты научных исследований, полученные за 2005 г. Аннотационные отчеты. Пермь; Екатеринбург: УрО РАН, 2006. С. 240-243 (соавторы Калинин В.Г., Мацкевич И.К., Микова К.Д.).

Подписано в печать 19.09.2006. Формат 60×84 1/16. Бум. офс.

Печать офсетная. Тираж 100 экз. Заказ № 458

Отпечатано на ризографе ООО Учебный центр «Информатика»

614990, Пермь, ул. Букирева, 15.

