



НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 556; 004.891

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

М. А. Петина

Белгородский
государственный
университет,
Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

E-mail: petina_m@bsu.edu.ru

В данной статье рассматривается подход к созданию и использованию системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами на примере Белгородской области, а именно проектирование и создание базы данных, базы знаний для хранения и обработки информации о водных объектах и принятия управленческих решений в области рационального водопользования.

Ключевые слова: ГИС-технологии, базы данных, водный кадастр, мониторинг, рациональное водопользование, охрана водных ресурсов.

В прошлом и в начале нынешнего столетия водные объекты Белгородской области испытали на себе мощный антропогенный пресс, т.е. прямое и косвенное воздействие хозяйственной деятельности человека на водные ресурсы. Все это отразилось не только на качестве поверхностных вод, но и на их запасах, приведших к истощению водных ресурсов и значительной деградации самих водных объектов [1, 3]. Коренному изменению подверглись в первую очередь начальные звенья гидрографической сети.

Интенсивное хозяйственное использование малых рек и других водных объектов, возрастающее загрязнение и истощение их водных ресурсов настоятельно требуют разработки и составления схем рационального использования и охраны водных ресурсов на региональном уровне, создания постоянно действующей системы учета и расходования водных ресурсов (водного кадастра) с целью оперативного управления водным хозяйством. В этом отношении использование современной разработки технологии хранения и обработки гидрологической информации является весьма актуальной проблемой. Данные обстоятельства делают актуальными оптимизацию использования водных ресурсов и их мониторинг [2].

Ввиду необходимости учета большого объема и разнообразия данных для реализации этих задач необходимо создать специальное информационное обеспечение на базе современных компьютерных средств. Сюда входят: базы данных, базы знаний (опыт предыдущих действий и правовые основы) и системы прогнозирования последствий того или иного варианта действий, в том числе на основе экспертных оценок.

Совокупность таких элементов принято называть системой поддержки принятия решений, для реализации которых необходимо разработать соответствующие информационные технологии.

Разрабатываемая технология реализована на платформе С++ с использованием СУБД FireBird 2.0, которая является кросс-платформенной. Данный проект представляет собой наращиваемую систему с расширяемой базой данных и экспертным оцениванием по методу анализа иерархий.

В проектировании базы данных было выделено 3 этапа:

1. Системный анализ предметной области.
2. Инфологическое проектирование базы данных.
3. Даталогическое проектирование базы данных.



На этапе системного анализа были определены базовые объекты и их атрибуты, а так же сформулированы задачи, которые будет выполнять система в целом.

На втором этапе определяется конечный вид проектируемой базы данных.

Наиболее распространенное средство инфологического проектирования – ER-модель. Основными конструктивными элементами инфологических моделей являются сущности (реальные либо воображаемые объекты, имеющие существенное значение для рассматриваемой предметной области), связи между ними и их свойства (атрибуты).

Каждая сущность обладает некоторыми свойствами, например: имеет уникальное имя, обладает одним или несколькими атрибутами, которые либо принадлежат сущности, либо наследуются через связь, а так же однозначно идентифицируют каждый экземпляр сущности (первичный ключ).

Каждая сущность обладает любым количеством связей с другими сущностями модели.

Параллельно с созданием ER-модели проводился даталогический анализ создаваемой базы данных на предмет соответствия проектируемой системы требованиям нормализации реляционных баз данных.

Этап даталогического проектирования базы данных заключался в использовании метода нормальных форм, в последовательном переводе отношений из первой нормальной формы в нормальные формы более высокого порядка по определенным правилам.

Для построения инфологической модели были определены сущности, их атрибуты и связи между сущностями. ER-модель информационной системы строилась с использованием ErWin (рис. 1).

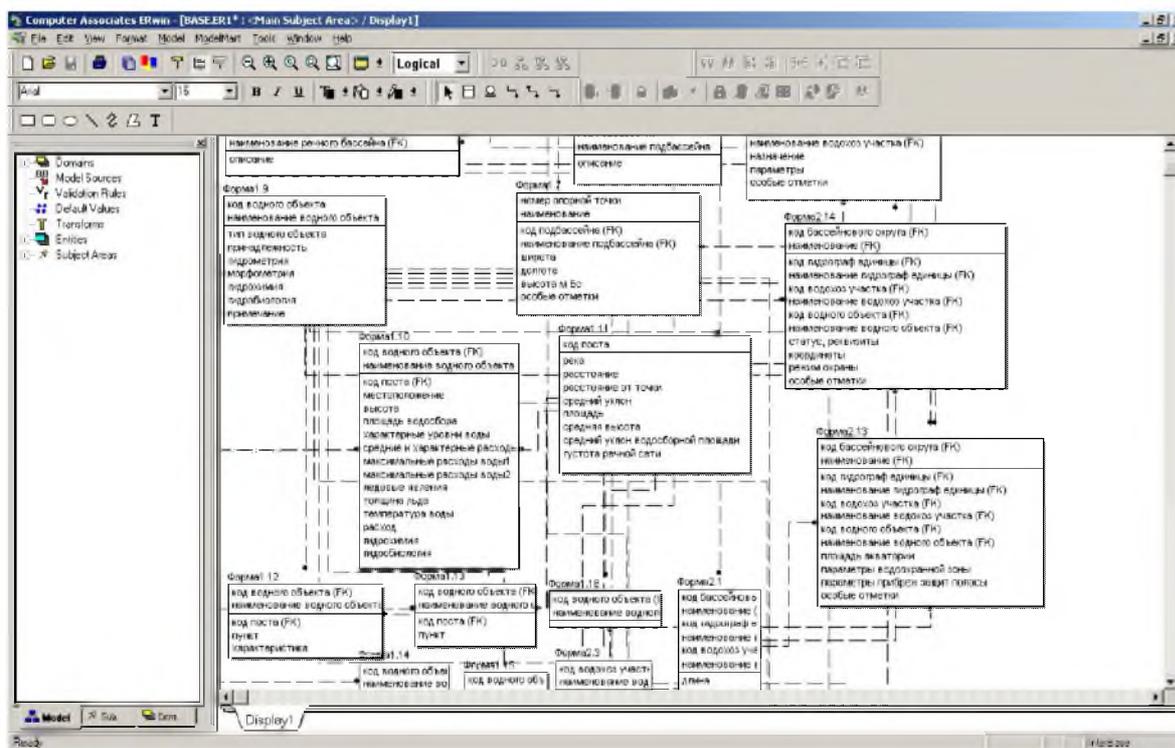


Рис. 1. ER-модель базы данных

Системный анализ предметной области. В ходе анализа предметной области были выявлены следующие программные комплексы:

1. Геоинформационная система гидрологического назначения в Самарской области.

Эта система не только собирает воедино разобценную информацию, но и на основе фактических и прогнозных данных оперативно представляет сведения для работы паводковых комиссий. Кроме того, система станет основой для осуществления



мониторинга паводковой обстановки на территории области и выработки управленческих решений по ликвидации последствий паводков. Данный проект выполнен на основе геоинформационных технологий с использованием программных продуктов ArcGIS от ESRI и ГИС ИнГео.

2. Геоинформационная система мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки. Разработанная система базируется на современных информационных технологиях, оперирует паспортными данными предприятий (источников загрязнения), результатами контрольных измерений, нормативными справочниками, содержащими значения класса опасности и ПДК (предельно допустимые концентрации) вредных веществ. Она рассчитывает и формирует выходные документы, имеет встроенную систему запросов к базам данных.

3. Региональная информационная база водного сектора Центральной Азии "CAREWIB". Региональная информационная система по водным и земельным ресурсам бассейна Аральского моря предназначена, в первую очередь, для поддержки принятия решений в водохозяйственной отрасли Центральной Азии. Основная задача информационной системы - создание единого инструмента учета земельных и водных ресурсов бассейна Аральского моря, с возможностью оценки различных аспектов эффективности их использования и прогноза. Это будет способствовать устойчивому управлению и контролю использования водных ресурсов всех видов.

4. Информационная система по водным ресурсам Швейцарии GEWISS. Большинство пользователей обращается к GEWISScompass через стандартный браузер Internet. Однако опытные пользователи могут использовать для работы с файлами компоненты клиента ArcWFD, которые основаны на приложении ArcMap настольных продуктов ArcGIS. Эти компоненты обеспечивают доступ к более сложным аналитическим инструментам, таким как: управление темами и метаданными; определение водосбора; менеджер временного ряда; инструменты для исследования и анализа любой информации по водным ресурсам: поступающим объемам воды, водосборам и измерительным постам; а также инструменты для регистрации, редактирования, запрашивания и визуализации данных по водным объектам.

Создание базы данных. Первым шагом является создание базы данных с последующей ее регистрацией (рис. 2).

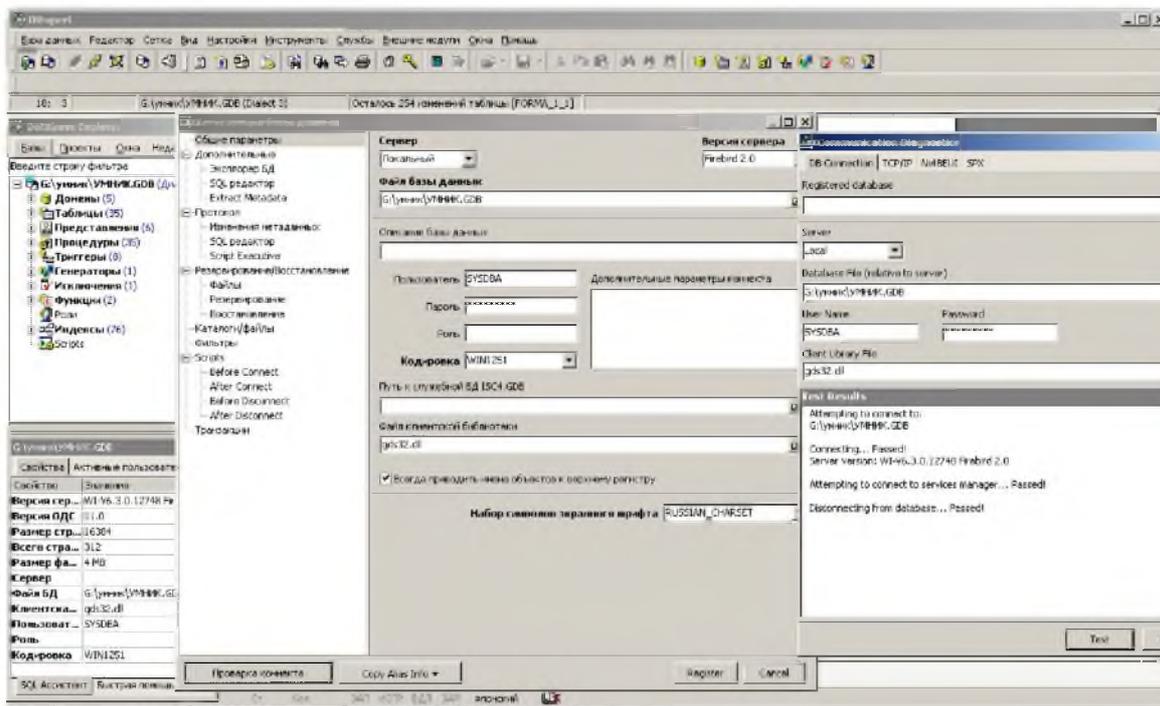


Рис. 2. Регистрация базы данных



При создании базы данных на стороне сервера Firebird были использованы следующие механизмы:

1. Домены – это заранее созданное описание столбцов таблицы. С помощью доменов достигается унификация типов данных, и накладываются ограничения на значения столбцов.

2. Просмотры (представления) – это заранее составленный и хранящийся в базе данных SQL-запрос для выбора данных из одной или нескольких таблиц.

3. Хранимые процедуры – это небольшая программа, которая расположена на сервере базы данных, и которую можно вызвать из приложения клиента. Хранимые процедуры позволяют ускорить работу с данными на SQL-сервере.

4. Триггеры представляют собой процедуру, которая постоянно размещена на SQL-сервере. Отличие от хранимой процедуры то, что она постоянно автоматически вызывается при изменении записей в базе данных.

5. Генераторы. В сервере Firebird отсутствует автоинкрементный тип данных. Поэтому для обеспечения уникальности ключевых полей, совместно с триггерами, используются генераторы. В них хранится максимальное значение номера записи.

6. Пользовательские функции. В этих функциях можно реализовывать функциональность, отсутствующую в стандартных встроенных функциях СУБД Firebird. Эти функции можно написать на любом алгоритмическом языке, но эти языки должны позволять создавать модули DLL [4].

Перед непосредственным созданием таблиц определяемся с тем, какие типы данных будут использованы, а также с полями, к которым они будут применены. Для разработки подсистемы анализа использования водных ресурсов Белгородской области были использованы следующие домены: DATA, CHISLO, TEXT, GRAF, PLAV_TOCHKA.

Далее приступаем к созданию таблиц БД. Названия таблиц соответствуют созданным ранее сущностям. Это следующие таблицы: FORMA1.1, ..., FORMA1.18, FORMA2.1, ..., FORMA2.14, FORMA3.1, FORMA3.2, FORMA3.3.

Для создания автоинкрементных полей таблиц используются генераторы и триггеры. Генератор имеет следующий вид:

```
CREATE GENERATOR <имя_генератора>
SET GENERATOR <имя_генератора> TO <значение>
```

Для получения следующего значения автоинкрементного поля используем специальную функцию SQL: GEN_ID (<имя_генератора>, n), где n – целое число, которое определяет шаг приращения.

Триггер состоит из двух частей: заголовка и тела. Заголовок содержит имя триггера, которое должно быть уникальным в данной базе данных; имя таблицы, идентифицирующее ту таблицу, с которой ассоциируется триггер; атрибуты, которые определяют состояние, событие DML и необязательную последовательность. Тело триггера содержит необязательный список локальных переменных и их типов данных; блок операторов на языке процедур, заключенный в операторные скобки BEGIN END.

Теперь переходим к созданию хранимых процедур. Хранимая процедура представляет собой подпрограмму, расположенную на сервере и вызываемую из приложения клиента. Хранимая процедура создается следующим оператором:

```
CREATE PROCEDURE <имя_процедуры> [(<список_входных_параметров>)]
[RETURNS (<список_выходных_параметров >)]
AS <тело_процедуры>
```

По числу строк, возвращаемых в качестве результата, выделяем следующие виды хранимых процедур:

1) процедуры выбора, которые возвращают несколько строк – передают набор данных, записями в которых являются строки результатов;

2) исполняемые процедуры, которые возвращают одну строку и обеспечивают тем самым возврат значений выходных параметров.

В базе данных используется 70 исполняемых процедур на добавление и удаление данных из таблиц. Для проведения последующего анализа данных были созданы просмотры. Просмотр создается следующим оператором:



```
CREATE VIEW <имя_просмотра> (<список_выходных_параметров>) AS  
select <имя_поля> from <имя_таблицы>;
```

Завершив этап создания базы данных, перешли к проектированию базы знаний.

Проектирование базы знаний. В проектировании базы знаний по водным объектам было выделено 3 этапа:

- 1) идентификация проблемной области;
- 2) построение концептуальной модели;
- 3) формализация базы знаний.

Этап идентификации проблемной области включил в себя определение значения и сферы применения системы поддержки принятия решений, подбор экспертов и группы инженеров по знаниям, выделение ресурсов, постановку и параметризацию решаемых задач.

Назначение экспертной системы в области водных ресурсов связано с:

- 1) автоматизацией работы гидрогеолога по принятию решений;
- 2) оптимизацией решения проблем, выдвижением и проверкой гипотез.

На этапе построения концептуальной модели создано целостное и системное описание используемых знаний о водных объектах, отражающее сущность функционирования системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами Белгородской области. От качества построения концептуальной модели зависит, насколько часто в дальнейшем по мере развития проекта будет выполняться перепроектирование базы знаний. Результат концептуализации проблемной области зафиксирован в виде наглядных графических схем.

Проектирование структуры базы знаний было проведено в два этапа:

- 1) выделение процессной модели;
- 2) преобразование процессной модели в модули базы знаний.

IDEF3- методология позволяет расщеплять модель, выделяя подмодели из существующей модели по какому-либо признаку и объединять подмодели для создания новой модели.

Таким образом, для решения задачи принятия решений в сфере использования водных объектов определена иерархия процессов, на основе которой создана новая процессная модель, описывающая все процессы принятия решений.

Фреймы базы знаний системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами Белгородской области организованы в иерархию, т.е. фрейм может быть модулем верхнего уровня или подчиненным модулем, ассоциированным с отдельным объектом. Таким образом, база знаний, основанная на фреймовом подходе повышает производительность механизма логического вывода.

Данный подход, основанный на выделении процессов принятия решений как модулей БЗ, реализован в прототипе разрабатываемой СППР. Разработанный прототип состоит из огромного количества правил, описывающих процессы принятия решений выбора наилучшего исхода события. Построение функциональной и процессной модели позволяет выделить процессы принятия решений о «попадании» в кластер и принятие решений о наилучшем варианте.

База знаний системы поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами Белгородского региона построена по модульному принципу таким образом, что декомпозиция на модули производится в соответствии с иерархией процессов принятия решений, установленной в процессной модели.

На этапе формализации базы знаний осуществлен выбор метода представления знаний. В рамках выбранного формализма осуществлено проектирование логической структуры базы знаний.

Определен один родительский фрейм «Водный объект». Фреймы «Общие физико-химические показатели», «Неорганические примеси», «Решение проблем» являются его потомками. Данная фреймовая модель представлена на рис. 3.

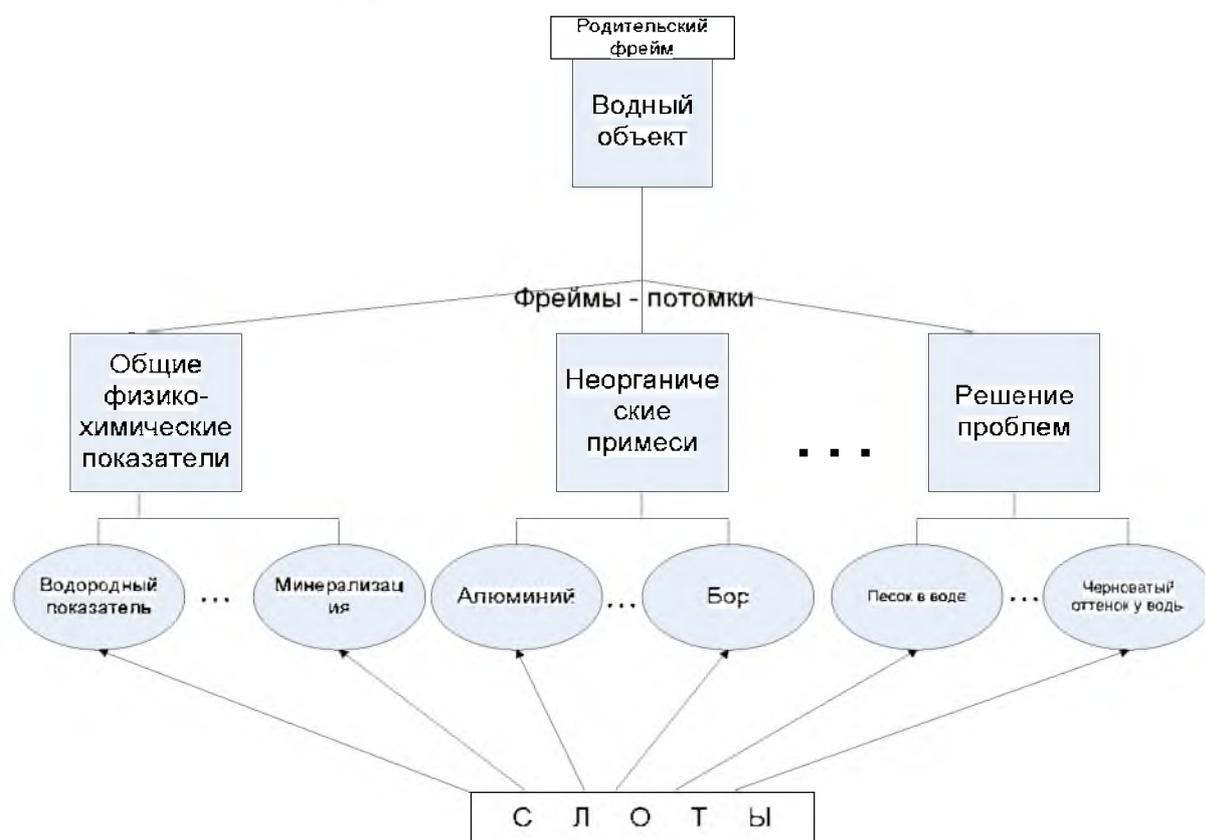


Рис. 3. Фреймовая модель

Каждому слоту соответствует свое значение, в соответствии с которым и будет формироваться правило для принятия водопользователем решения. Фрейм Водный объект имеет свои дочерние фреймы: общие физико-химические показатели, неорганические примеси, решение проблем.

Выводы. Результатом работы является прототип программной поддержки информационной технологии сбора и хранения данных о водных ресурсах Белгородской области, который позволяет хранить сводную информацию о водных объектах и их характеристиках, вносить, изменять и удалять данные из таблиц базы данных.

Предлагаемая система является масштабируемой и в дальнейшем она может быть использована и в других регионах в отличие от существующих аналогов.

В процессе разработки системы поддержки принятия решений планируется создать также базу знаний, которая позволяла бы анализировать ситуацию, опираясь на опыт прошлых периодов, а также проводить экспертную оценку по методу анализа иерархий.

Аппаратные требования разрабатываемого прототипа невысоки, потому возможна реализация и для ноутбуков, что повышает мобильность пользователя работающего с ней, а интуитивно понятный интерфейс позволяет работать с системой пользователю, который не является специалистом в области информационных технологий. Многооконный интерфейс позволяет сгруппировать данные по направлениям деятельности специалистов: ввод информации, представление в виде диаграмм и отчетов, вывод рекомендаций по улучшению состояния водных ресурсов.

Литература

1. Петин А.Н., Сердюкова Н.С., Шевченко В.Н. Малые водные объекты и их экологическое состояние: учеб.-метод. пособие. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – 240 с.



2. Петина М.А., Зайцева Н.О. Разработка технологии хранения и обработки информации в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами Белгородского области // Молодые ученые географической науке : материалы IV Всеукраинской научной конференции, г. Киев. – Киев, 2009.

3. Чендев Ю.Г., Петин А.Н. Естественные изменения и техногенная трансформация компонентов окружающей среды староосвоенных регионов (на примере Белгородской области). – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 124 с.

4. Firebird: руководство разработчика баз данных: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 1104 с.

USING OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN EXPERT SYSTEMS OF DECISION-MAKING SUPPORT IN WATER RESOURCES MANAGEMENT (BY THE EXAMPLE OF BELGOROD REGION)

M. A. Petina

*Belgorod State University, Pobedy
St., 85, Belgorod, 308015, Russia*

E-mail: petina_m@bsu.edu.ru

This article discusses an approach to the creation and use of expert support systems under water control in Belgorod region, in particular, the design and creation of databases, KB for storage and information processing about water bodies and decision-making in the field of rational water use.

Key words: geoinformation technology, databases, water cadaster, monitoring, the rational water use, water conservation.