



УДК 004.891.2

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОГО РЕГИОНА)

**С. В. ИГРУНОВА, Н. П. ПУТИВЦЕВА
М. А. ПЕТИНА, Т. В. ЗАЙЦЕВА
С. В. СЕРГЕЕВ**

*Белгородский
государственный национальный
исследовательский
университет*

*e-mail:
igrunova@bsu.edu.ru
putivzeva@bsu.edu.ru
petina@bsu.edu.ru
zaitseva@bsu.edu.ru*

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. Использование настоящей разработки технологии хранения и обработки гидрологической информации является весьма актуальной проблемой, так как позволяет находить оптимальные решения использования водных ресурсов.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, водные ресурсы, база знаний, экология.

Водные ресурсы являются одним из важнейших компонентов в среде обитания человека. 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.

Ввиду необходимости учета большого объема и разнообразия данных для реализации этих задач необходимо создавать специальное информационное обеспечение на базе современных компьютерных средств. Сюда входят: базы данных, базы знаний и системы прогнозирования и разработки сценариев, в том числе на основе экспертных оценок.

В настоящее время существует ряд информационных систем учета водных ресурсов в России и других странах, так, например, созданы информационные системы бассейна Аральского моря и бассейна реки Волги [1-4]. Однако, только некоторые из них содержат базы знаний и механизмы планирования и прогнозирования. Кроме того, следует отметить, что многие базы данных лишены систем анализа.

Например, геоинформационная система гидрологического назначения в Самарской области на основе фактических и прогнозных данных оперативно представляет сведения для работы паводковых комиссий [1]. Данная система является основой для осуществления мониторинга паводковой обстановки на территории области и выработки управленческих решений по ликвидации последствий паводков. Таким образом, система ориентирована на решение одной конкретной задачи – мониторинг паводковой обстановки и, следовательно, использование данной системы в Белгородском регионе не является целесообразным.

Существует региональная информационная база водного сектора Центральной Азии "CAREWIB" [2, 3]. 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.

Информационная система по водным ресурсам Швейцарии GEWISS содержит 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 [4]. Применение

данной системы в Белгородском регион является сложной задачей, т.к. стоимость системы очень велика, ее внедрение потребует адаптации под местные водные объекты.

Для эффективного управления хозяйственной и производственной деятельностью и оперативного обеспечения руководства полной и достоверной информацией о водных ресурсах Белгородской области необходима разработка экспертной системы – многофункциональной системы сбора, обработки, хранения, поиска и анализа данных в сфере водопользования, предполагающей наличие базы данных, базы знаний и клиентского приложения.

Вначале была разработана база данных с использованием FireBird.

На этапе инфологического проектировании была построена ER – модель информационной системы с использованием программного средства ErWin (см. рис. 1).

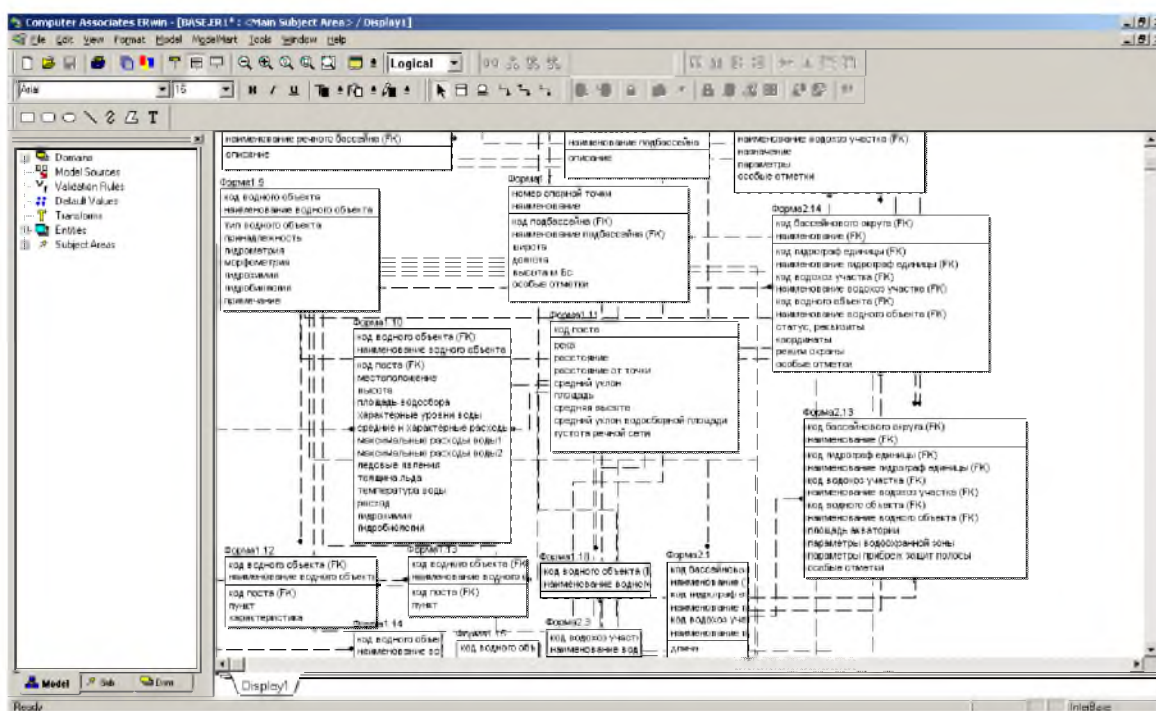


Рис. 1. ER-модель информационной системы

Преобразование процессной модели в модули базы знаний осуществлялось с помощью программного средства BPWin, IDEF3– методологии.

Ключевым элементом экспертной системы является база знаний, содержащая в себе информацию о водных объектах и ресурсах Белгородского региона и их характеристиках [5-7]. Была разработана продукционно-фреймовая модель базы знаний, для отбора значимых критериев использовался метод анализа иерархий.

Первый этап – предварительная оценка влияния различных примесей на качество воды. Для этих целей был использован метод анализа иерархий, позволяющий посредством заполнения матриц парных сравнений вычислить относительные важности примесей. Примеси, относительные важности которых очень малы, из рассмотрения были исключены, поскольку их влияние на качество воды незначительно [6].

Следующий этап – разработка системы фреймов базы знаний для экспертной системы [8-10] и разработка правил-продукций (см. рис. 2).

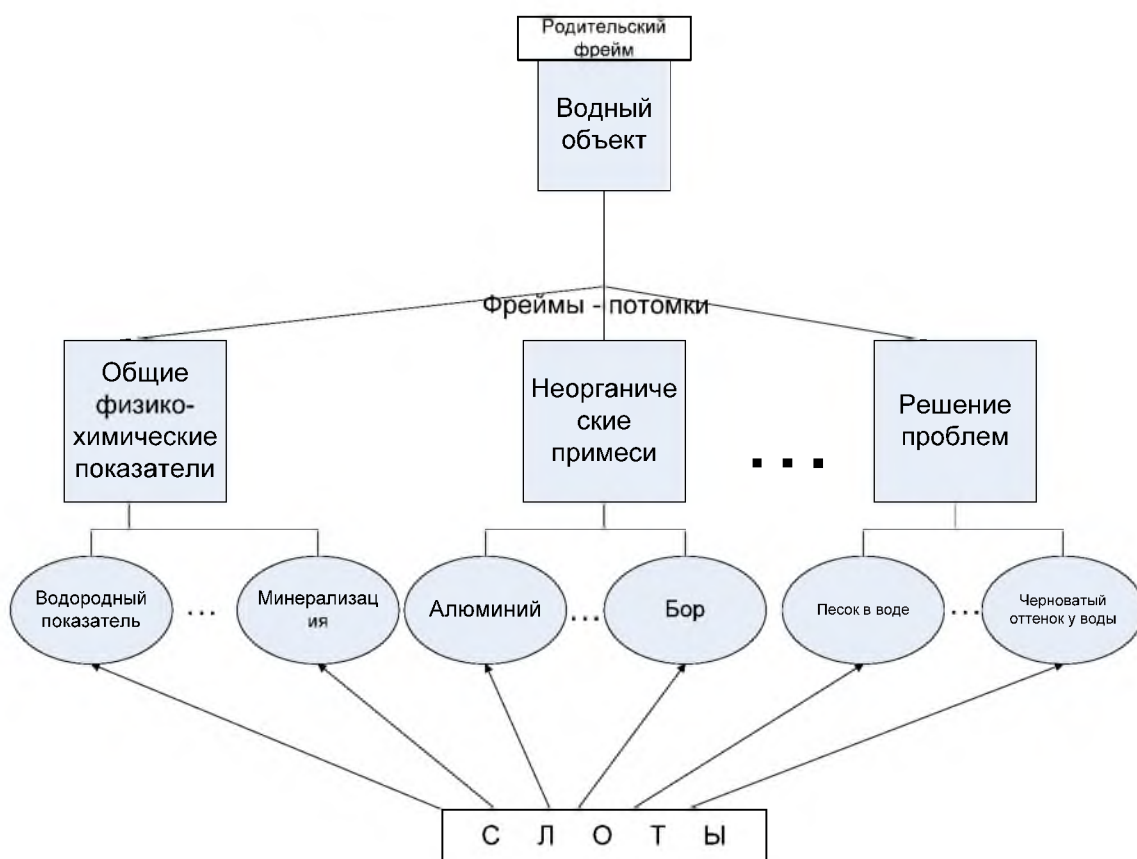


Рис. 2. Система фреймов для разрабатываемой базы знаний

Фреймом называется структура для описания стереотипной ситуации (события, объекта, понятия), состоящая из характеристик этой ситуации и их значений [8]. В представленной работе в качестве фреймов были выбраны вид примеси, вид водоема, масса, количество, общие физико-химические показатели, неорганические примеси, решение проблем [6].

Рассмотрим, например, следующий фрейм базы знаний:

```

Frame=Вид1
Parent:
Видпримеси[Выберите вид примеси:]:(хлориды;сульфаты;нитриты;взвешенные
вещества;фосфаты;фенолы)
Видводоема[Выберите вид водоема] :(Северский Донец;Ворскла)
EndF
Frame=Масса1
Parent:
Массовая доля примеси в 1 дм3 воды[Выберите массовую доли примеси:]:(до
10±10%; от 10±10% до250±10% мг/дм3; от250±10% мг/дм3)
EndF
Frame= Количество1[Количество примеси в конкретном водоеме]: {задается кон-
кретное числовое значение}
...
Do
=(Класс; Класс загрязнения данного водоема)
EndR
    
```

На рисунке 3 представлен фрагмент сформированных правил-продукций для слота «Видпримеси» фрейма «Вид1» и слота «Массовая доля примеси в 1 дм3 воды» фрейма «Масса1». Аналогично можно рассмотреть взаимосвязи всех слотов рассматриваемых фреймов.

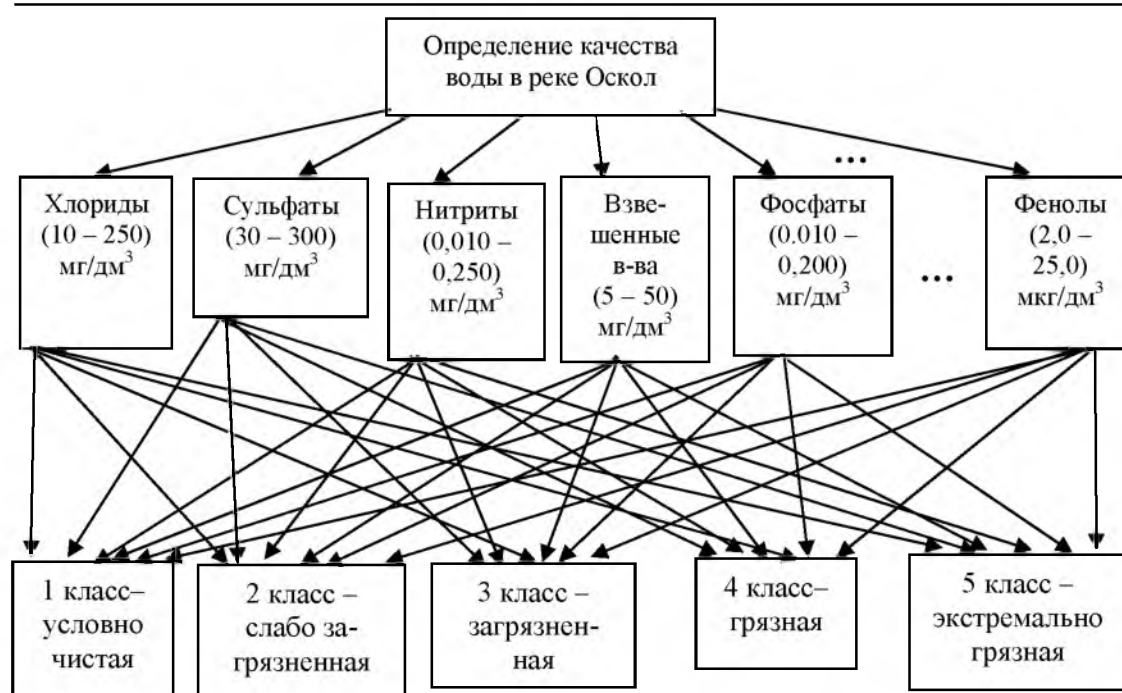


Рис. 3. Фрагмент сформированных правил-продукций

Правила-продукции позволяют представить знания в виде предложений ЕСЛИ ТО Приведем пример одного из правил-продукции экспертной системы для оценки качества воды:

Rule 3

= (Вид1. Вид примеси; хлориды)

= (Масса1. Массовая доля примеси в 1 дм³ воды; от 10±10% до 250±10% мг/дм³)

> (Количество1. Количество примеси в конкретном водоеме; 150 мг)

= (Вид1. Вид водоема; Северский Донец)

...

Do

= (Класс; Класс загрязнения данного водоема)

EndR

В данном примере рассмотрено правило для определения класса загрязнения водоема хлоридами, при этом рассматривается превышение содержания примеси в данном водоеме.

Разработанная база знаний была заполнена характеристиками водных объектов Белгородской области. Было сформировано более 1500 правил, при этом часть правил приводила к одним и тем же результатам в зависимости от изменения характеристик слотов. База знаний была размещена в экспертной системе, результатом работы является готовая база данных по рассматриваемому региону [9].

На рис. 4 представлен результат запроса о болотах Белгородской области.

Объектная модель приложения, осуществляющего обработку и выдачу информации из базы данных и базы знаний по запросу пользователя в удобном для восприятия виде построена по следующему принципу:

Модуль данных – предназначен для связи с базой данных.

Интерфейс имеет 2 вида форм: формы списков и формы редактирования элемента таблицы. Дополнительные формы: авторизации, информация о программе, обработка таблицы (для администратора базы данных). Доступ к базе данных осуществляется с использованием компонент прямого доступа к InterBase – IBX.

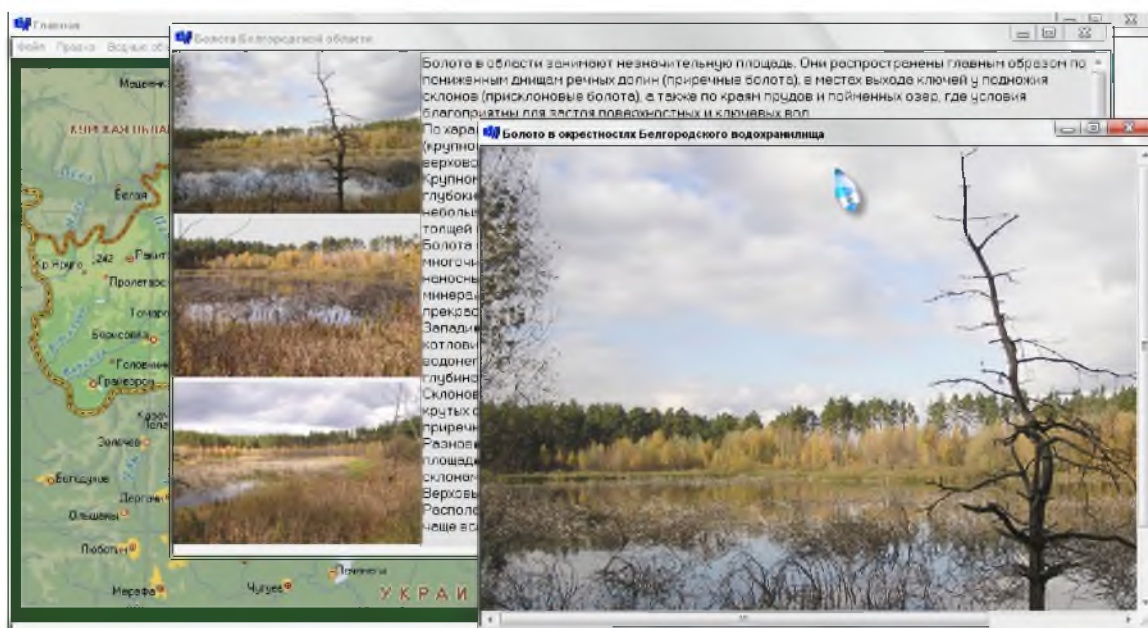


Рис. 4. Диалоговое окно, демонстрирующее ответ системы на запрос

Программа предполагает разделение прав и авторизацию доступа. Основные функции программы вызываются из пункта главного меню «Информация».

Данная система выводит результаты запроса в удобной форме, позволяет делать выборку данных по нескольким критериям (см. рис. 5 и 6).

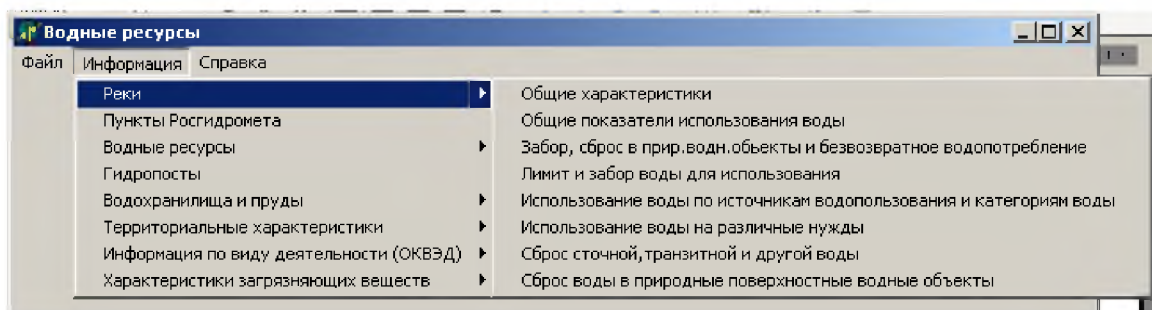


Рис. 5. Пример диалогового окна

Наименование	Номер поста	Дата организа...	Площадь, басс...	Принадлежность
р. Ворскла - с. Козинка	1	22.02.1914	1870	р.Днепр
р. Северский Донец - с. К...	2	01.10.1960	740	р.Дон

Рис. 6. Данные, полученные в тестовом режиме

Разработанное программное обеспечение, содержит информацию об исследуемых объектах, результаты исследований, характеристики качества воды, полученные путем обработки результатов различных методов анализа, характеристики предприятий: уровни сброса вредных веществ, величины водопотребления, водоотведения и др. Также реализовано...



вана компьютерная поддержка для обеспечения мониторинга и принятия решений по оптимальному управлению водными объектами Белгородского региона.

К достоинствам данного программного средства можно отнести:

1. Разработана для конкретного региона, в состав входят как база знаний, так и получаемая на ее основе база данных в режиме on-line. Подобные системы в Белгородском регионе не внедрены, но в дальнейшем она может быть адаптирована и для других регионов.

2. 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. Аппаратные требования разрабатываемой системы невысоки, потому будет 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.

Внедрение данной разработки в соответствующих экологических службах позволит осуществлять контроль состояния водных объектов Белгородского региона, а также более обоснованно принимать решения при управлении водными ресурсами.

Внедрение разработанной системы водного хозяйства даст возможность обеспечить оперативной и достоверной природно-ресурсной информацией следующие группы потребителей:

- органы государственной власти Белгородской области;
- водопользователи (предприятия, организации);
- общественные организации, юридические и физические лица, заинтересованные в получении водохозяйственной информации.

Список литературы

1. <http://www.stri.ru/rus/projects/pavodok.html>
2. http://amur-heilong.net/vicarr/object.php?action=show&id=321&set_language=ru
3. <http://www.water.kg/DWH/CAREWIB/problem.htm>
4. <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02114/02116/index.html?lang=de>
5. Петина М.А., Решетникова Л.К., Лебедева М.Г., Крамчанинов Н.Н., Шевченко В.Н. Сток малых рек юга Центрально-Черно-земного региона в условиях меняющегося климата и интенсивной антропогенной нагрузки // Проблемы региональной экологии. 2011, №2 – С.20-25.
6. Петина М.А., Путивцева Н.П., Игрунова С.В., Пусная О.П., Зайцева Н.О. Компьютерная поддержка принятия решений при определении качества воды в реках региона // Материалы II Международной научно-технической конференции «Компьютерные науки и технологии», 3-5 октября 2011 г., г. Белгород. – С. 305 – 309.
7. Петина М.А., Галыгин А.А., Лебедева М.Г., Крамчанинов Н.Н., Шевченко В.Н. Оптимизация рекреационной нагрузки на аквальный комплекс Белгородского водохранилища // Проблемы региональной экологии. 2011, №2 – С. 161-164.
8. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: «Питер», 2001. – 560с.
9. Зайцева Т.В., Игрунова С.В., Путивцева Н.П., Пусная О.П., Манзулович М.Ю. Компьютерная технология генерации правил для гибридных продукционно-фреймовых экспертных систем // Вопросы радиоэлектроники, Сер. ЭВТ. – 2011. Вып. 1. – С. 105-115.
10. Зайцева Т.В., Игрунова С.В., Путивцева Н.П., Пусная О.П., Нестерова Е.В. Использование семиотического подхода к представлению знаний для построения модели логической структуры учебного материала // Научные ведомости БелГУ. – 2011. – №13(108). Вып. 19/1. – С. 143-149.



DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGEMENT OF WATER RESOURCES (ON THE EXAMPLE OF BELGOROD REGION)

**S. V. IGRUNOVA, N. P. PUTIVZEVA
M. A. PETINA, T. V. ZAITSEVA
S. V. SERGEEV**

*Belgorod National
Research University*

e-mail:

igrunova@bsu.edu.ru

putivzeva@bsu.edu.ru

petina@bsu.edu.ru

zaitseva@bsu.edu.ru

The intensive economic use of small rivers and other water bodies, increasing pollution and depletion of water resources urgently require the development and preparation of schemes of management and protection of water resources at the regional level, of establishing a permanent system of accounting and expenditure of water resources (water cadastre) to operational management water management. The use of this technology development of storage and processing of hydrological data is a very important problem, since it allows to find optimal solutions of water resources.

Key words: decision support system, water resources, knowledge base, the environment.