

**НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР  
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ КООРДИНАЦИОННОЙ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КОМИССИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ  
(НИЦ МКВК)**



**ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ,  
РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ  
РЕСУРСОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

**(краткое изложение результатов исследований НИЦ МКВК 2003 года)**

**выпуск 8**

Ташкент – 2004

На XXXIV заседании МКВК в г. Бишкеке в августе 2002г. утверждена очередная Межгосударственная программа НИР МКВК на 2003-2005 гг. «Проблемы интегрированного управления, рационального использования и охраны водных ресурсов в бассейне Аральского моря».

Программа разработана в соответствии с основными приоритетными направлениями деятельности МКВК, определенными на заседании МКВК в г. Алматы в феврале 2002 г.

В настоящем сборнике представлено краткое изложение результатов научно-исследовательских работ, выполненных сотрудниками Научно-информационного центра МКВК в 2003 г. – в первый год реализации указанной программы.

Научный руководитель Межгосударственной программы  
д.т.н., профессор *Духовный В.А.*

Сборник подготовили к печати:  
*Соколов В.И., Беглов Ф.Ф., Пулатов А.Г.*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>РАЗДЕЛ I. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИНТЕГРИРОВАННОМУ УПРАВЛЕНИЮ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНОВ РЕК НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ .....</b>	<b>6</b>
1.1. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИЙ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ОСНОВНЫХ БАССЕЙНОВ РЕК АРАЛЬСКОГО МОРЯ .....	6
1.2. ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНОК ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ (2030).....	16
1.3. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ЗОНЫ ПЛАНИРОВАНИЯ .....	34
<b>РАЗДЕЛ II. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКАХ.....</b>	<b>40</b>
2.1. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ СТОКА РЕК БАССЕЙНОВ СЫРДАРЬИ И АМУДАРЬИ НА БЛИЖАЙШУЮ И ОТДАЛЕННУЮ ПЕРСПЕКТИВЫ С УЧЕТОМ УВЯЗКИ ПОТРЕБНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА .....	40
2.2. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ КАСКАДОМ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ .....	52
2.3. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВНУТРИГОДОВЫХ ИРРИГАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТ ВОДОХРАНИЛИЩ И ВЫРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ БВО «СЫРДАРЬЯ» ПО ИХ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	61
2.4. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСПОЛАГАЕМЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ (В СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ И НА ПЕРСПЕКТИВУ) .....	72
2.5. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО НОРМИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И САНИТАРНЫХ ПОПУСКОВ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА РЕК АМУДАРЬИ И СЫРДАРЬИ В ИХ СРЕДНИХ И НИЖНИХ ТЕЧЕНИЯХ.....	79

2.6. РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК И МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ, ВКЛЮЧАЯ КАСКАДЫ ГИДРОУЗЛОВ.....	83
2.7. РАЗРАБОТКА НОВЫХ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОКУМЕНТОВ ВОДНОГО ПРАВА ГОСУДАРСТВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ, ВКЛЮЧАЯ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	85
2.8. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЮ СТОКА В МНОГОЛЕТНЕМ РАЗРЕЗЕ С УЧЕТОМ СТОХАСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬИ .....	93
<b>РАЗДЕЛ III. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ, В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ В ОРОШЕНИИ, ВЫЯВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ РЕЗЕРВОВ В ВОДОПОЛЬЗОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.....</b>	<b>99</b>
3.1. РАЗРАБОТКА ЕДИНЫХ НОРМАТИВОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ISAREG И CROPWAT .....	99
3.2. ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ SCADA ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ И МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ КАНАЛАХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ СИСТЕМ.....	103
<b>РАЗДЕЛ IV. ВЫРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ ВОДЫ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ .....</b>	<b>104</b>
4.1. ВЫРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПЕРЕСМОТРУ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ВОДХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗОН, НАПРАВЛЕННЫХ НА УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКАХ.....	104
<b>РАЗДЕЛ V. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ И НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ О ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСАХ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ .....</b>	<b>117</b>
5.1. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ИНТЕРФЕЙСА РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-СОВЕТУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ (ИИСС) В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ИНФОРМАЦИИ О ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСАХ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ .....	117
5.1.1. РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ИНФОРМАЦИОННОГО НАПОЛНЕНИЯ ИИСС .....	128

5.1.2. РАЗРАБОТКА В СОСТАВЕ ИИСС КОМПОНЕНТА «ИМИТАЦИОННОЕ И ОПТИМИЗАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ».....	134
5.1.3. СОЗДАНИЕ ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «АРАЛ-ДЕЛЬТА», ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ЛОГИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ИНФОРМАЦИИ (ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ) .....	156
<b>РАЗДЕЛ VI. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЗВИТИЮ РАБОТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В ПРИАРАЛЬЕ .....</b>	<b>163</b>
6.1. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УСТОЙЧИВОМУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЮ ЭКОСИСТЕМ ДЕЛЬТ СЫРДАРЬИ И АМУДАРЬИ.....	163
6.2. РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД (ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ) И НА ИХ ОСНОВЕ ВЫДАЧА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИРОДООХРАННЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ .....	166
<b>РАЗДЕЛ VII. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ СОЛЯМИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И УТИЛИЗАЦИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОЗВРАТНЫХ ВОД.....</b>	<b>172</b>
7.1. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕНАЖНЫХ ВОД В РЕГИОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	172
7.2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗВРАТНЫМ СТОКОМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДЕФИЦИТА ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД В ГОСУДАРСТВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ .....	172

## **РАЗДЕЛ I. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИНТЕГРИРОВАННОМУ УПРАВЛЕНИЮ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНОВ РЕК НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

### **1.1. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ОСНОВНЫХ БАССЕЙНОВ РЕК АРАЛЬСКОГО МОРЯ\***

В.И. Соколов

Цель работы: выработка рекомендаций, направленных на претворение в жизнь принципов интегрированного управления водными ресурсами на примере отдельных пилотных систем, что позволит поддержать определенную социальную гармонию в период происходящих реформ в сельском и водном хозяйстве государств Центральной Азии.

Принципы интегрированного управления водными ресурсами не являются для водного сектора Узбекистана принципиально новыми, но их практическая реализация в полном объеме до сих пор практически не осуществлена. Актуальность перехода на интегрированное управление водными ресурсами подтверждается Указом Президента Республики Узбекистан «О важнейших направлениях углубления реформ в сельском хозяйстве» от 24 марта 2003 года и Постановлением Кабинета Министров Узбекистана от 21 июля 2003 года «О совершенствовании организации управления водным хозяйством».

Данная работа выполняется для подготовки конкретных предложений по реализации вышеуказанного Указа Президента и в развитие проекта «Интегрированное управление водными ресурсами в Ферганской долине», выполняемого НИЦ МКВК совместно с IWMI при финансовой поддержке Швейцарского Агентства развития и кооперации (SDC). В качестве пилотных объектов в этом проекте выбраны и согласованы следующие каналы: Южно-Ферганский (Узбекистан); Араван-Ак-Бууринский (Кыргызстан) и Гулякандоз (Таджикистан).

Результаты работы за 2003 г.

Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) представляет собой процесс, основанный на: учете всех возможных источников воды, увязке межотраслевых интересов и всех уровней иерархии водопользования, гидрографическом методе, широком вовлечении водопользователей и рациональном использовании воды, что обеспечивает стабильность водоснабжения общества и экологическую безопасность.

Основные принципы ИУВР могут быть представлены в следующем виде:

1. Принципиальная цель процесса реализации принципов ИУВР – эффективная интеграция мер по развитию и управлению водными ресурсами в происходящие процессы социально-экономического развития и сохранения окружающей среды.
2. Долгосрочная цель ИУВР - устойчивое, стабильное, справедливое и равноправное обеспечение водными ресурсами нужд водопользователей и природы.
3. Управление водой и окружающей средой осуществляется в пределах гидрографических границ в соответствии с морфологией конкретного бассейна. Такое

---

\* Основные положения концепции перехода к ИУВР были сформулированы коллективом сотрудников проекта «ИУВР-Фергана» в 2002г.

управление водой позволит принимать своевременные решения и оказывать водные услуги без административного вмешательства. Правительство должно перейти от прямого управления поставкой воды к регулированию водного сектора: водохозяйственные организации будут иметь четкий мандат на выполнение определенных функций управления в рамках их юрисдикции.

4. Управление предусматривает учет и вовлечение всех видов вод (поверхностных, подземных, возвратных) с учетом климатических особенностей (осадков и испарения).

5. Приоритет природных требований.

6. Общественное участие не только в управлении, но и в финансировании, в поддержании, планировании и развитии.

7. Тесная увязка водопользования и всех участвующих органов по горизонтали между отраслями и по вертикали между уровнями иерархии водопользования.

8. Информационное обеспечение, открытость и прозрачность системы управления водой.

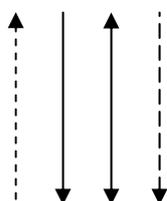
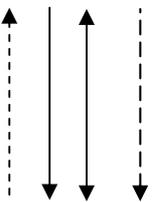
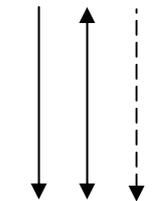
9. Водосбережение и рациональное использование, борьба с потерями – создание системы консультативной службы и поддержание инфраструктуры.

Согласно первой позиции календарного плана в рамках НИР даны предложения по организационной структуре управления водными ресурсами для пилотных объектов, способствующей реализации принципов ИУВР. Показано, что при переходе к ИУВР требуется коренная перестройка существующих организационных структур национальной водохозяйственной иерархии с их специфическими особенностями водохозяйственной инфраструктуры. Иерархическое построение организационных структур при переходе к ИУВР по следующей цепочке: Департамент водного хозяйства Минсельводхоза Республики – Бассейновое Управление водными ресурсами – Управление Ирригационной Системы/Канала (УИС) – АВП – водопользователи. Предлагаемая структура показана на схеме (см. ниже).

В качестве Управлений Ирригационных Систем могут выступать как отдельные каналы, так и отдельные Управления Межрайонных каналов (УМРК), сформированные по гидрографическому принципу. Руководство деятельностью канала/системы (УИС), осуществляется Водным Комитетом канала (ВКК), состоящим из представителей основных сторон, заинтересованных в распределении и использовании водных ресурсов и Исполнительного менеджера (начальника) Управления канала, назначаемого Водным Комитетом канала, отвечающего за исполнение управленческих функций. Более конкретные детали предложены для отдельных пилотных систем (материал будет представлен в годовом отчете).

Уровень АВП должен заменить ранее существующую структуру по эксплуатации внутриводхозяйственной сети. Каждая АВП имеет общее собрание, которое определяет основной курс проводимой политики и принимает решения по таким организационным вопросам, как утверждение устава и внутренних положений, выбор лидеров и утверждение бюджетов и размера платежей. Общее собрание избирает Руководящий совет (РС).

## Предлагаемая организационная структура для внедрения ИУВР

Гидрографический уровень	Организация	Ключевые функции
<p>Гидрографический бассейн</p> 	<p>Управление бассейна</p>	<p>Формирование курса политики и нормативных положений в бассейне; предоставление гидрометеорологической информации; подготовка планов по водораспределению, водосбережению, управлению имуществом, развитию, финансированию; заключение межорганизационных соглашений; разрешение споров</p>
<p>Магистральный канал (первого порядка)</p> 	<p>Управление Ирригационной Системой (УИС)</p>	<p>Предоставление и анализ гидрометеорологических данных; подготовка и реализация планов по водораспределению, водосбережению, управлению имуществом, развитию, финансированию; заключение межорганизационных соглашений; регулирование УИС; разрешение споров</p>
<p>Крупные распределительные каналы или небольшие магистральные каналы</p> 	<p>Федерация ассоциаций водопользователей (ФАВП)</p>	<p>Предоставление и анализ гидрологических данных; подготовка и реализация планов по водораспределению, водоподаче, водосбережению, дренажу, управлению имуществом, развитию, финансированию; заключение межорганизационных соглашений; координирование деятельности АВП; разрешение споров</p>
<p>Небольшие и средние распределительные каналы</p>	<p>Ассоциация водопользователей (АВП)</p>	<p>Предоставление и анализ гидрологических данных; подготовка и реализация планов по водораспределению, водоподаче, водосбережению, дренажу; управление инфраструктурой, развитие, финансирование; разрешение споров</p>

- ➤ Регулирование/координирование
- ➤ Оказание услуг
- ←————— ➤ Переговоры и соглашения
- ➤ Оплата услуг

Чрезвычайно важным при переходе к ИУВР, является широкое вовлечение в процесс управления общественных организаций и общественного мнения, осуществляемого по многоступенчатой системе всей водохозяйственной иерархии, от согласования перспективных планов и проектов, вопросов организации Управления и технологии водораспределения, до выдачи лицензий на право водопользования, до участия в разрешении возникающих конфликтных ситуаций и споров, как между водохозяйственными структурами разного уровня, так и между последними и водопользователями.

Функции органов определяющих политику (Водные Комитеты) и исполнительных (Управления) распределяются следующим образом.

На уровне канала.

Функции Водного Комитета	Функции исполнительного органа (Управления)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Утверждение плана водоподачи и водоотведения;</li> <li>- Контроль исполнения плана водоподачи и водоотведения;</li> <li>- Утверждение лимита сброса загрязнителей;</li> <li>- Утверждение плана техобслуживания;</li> <li>- Утверждение сметы расходов;</li> <li>- Привлечение необходимых источников финансирования;</li> <li>- Контроль финансовой деятельности;</li> <li>- Определение цены водохозяйственных услуг</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Ежегодное планирование:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение требований на воду и ресурсов местных вод;</li> <li>- вододеление и водораспределение с учетом выделенных сверху лимитов;</li> <li>- водоотведение и охрана качества</li> </ul> </li> <li>2. <u>Реализация планов водопользования:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- наполнения водохранилищ;</li> <li>- доставки воды;</li> </ul> </li> <li>3. <u>Контроль исполнения:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организация водоучета;</li> <li>- оценка водосбережения</li> </ul> </li> <li>4. <u>Поддержка и эксплуатация объектов и инфраструктуры:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- водохранилищ и головных сооружений;</li> <li>- магистральной и распределительной сети и сооружений;</li> <li>- дренажа</li> <li>- гидрометрических постов</li> </ul> </li> <li>5. Вовлечение водопользователей и общественности в процесс управления и использования водных ресурсов</li> <li>6. Организация и поддержание базы данных</li> </ol>

На уровне АВП

Функции Совета АВП	Функции Исполнительной Дирекции
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Утверждение Устава и регулирования АВП</li> <li>2. Утверждение порядка членства и прием в члены АВП</li> <li>3. Выборы и назначение исполнительных органов, включая руководителей</li> <li>4. Утверждение правил и размера сбора платы за услуги</li> <li>5. Утверждение плана порядка распределения воды и контроль за ним</li> <li>6. Утверждение сметы расходов</li> <li>7. Решение вопросов развития АВП</li> <li>8. Контроль равномерности и стабильности водораспределения</li> <li>9. Утверждение порядка аудита</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Организация подготовки плана водопользования и его корректировка</li> <li>2. Равномерное распределение воды между водопотребителями</li> <li>3. Поддержание и эксплуатация сети каналов, сооружений и дренажа</li> <li>4. Поддержание и улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель</li> <li>5. Организация учета воды</li> <li>6. Сбор данных и формирование Базы Данных</li> <li>7. Организация побочной деятельности для увеличения финансового потенциала АВП</li> <li>8. Организация аудита</li> <li>9. Оказание содействия фермерам в повышении продуктивности воды</li> </ol>

Важным вопросом при организации АВП являются условия передачи ей оросителей II порядка и других объектов, финансируемых структурами Минсельводхозов, которые можно решить по двум вариантам:

Первый вариант. Временно, в течение пяти лет со дня организации АВП, времени достаточного для укрепления экономических позиций водопользователей (в основном за счет водно-мелиоративных факторов, которые должны обеспечить АВП) указанные водохозяйственные объекты передаются АВП на договорной основе на временное пользование с ежегодным перечислением средств на поддержание и эксплуатацию этих объектов. Передача водохозяйственных объектов во временную и постоянную эксплуатацию предусматривается в законодательстве Республики Узбекистан (ст. 31 Закона «О воде и водопользовании»).

Второй вариант. Государственная водохозяйственная организация становится одним из учредителей АВП. Ее вкладом становятся водохозяйственные объекты передаваемые АВП. Более того, водохозяйственная организация как учредитель обязуется финансировать поддержание и эксплуатацию переданных АВП объектов в пределах нормативных потребностей.

Выбор вариантов остается за водопользователями и решающими ключевыми лицами структур Минсельводхоза.

Согласно второй позиции календарного плана подготавливаются рекомендации по совершенствованию правовой базы для реализации принципов ИУВР в рамках предложенной организационной структуры. Законодательство закладывает основу для использования полномочий, определения ответственности и прав, требуемых для установления необходимых институтов и механизмов для реализации курса политики. Рекомендованы некоторые юридические положения, которыми необходимо дополнить «Закон о воде» или «Водный кодекс», «Закон о земле», и другие правовые положения. Эти положения должны сопутствовать осуществлению эффективной государственной политики в области водных ресурсов путем:

- определения роли и ответственности правительства, водохозяйственных организаций и других заинтересованных сторон в отношении использования, распределения, управления, развития, сохранения и защиты водных ресурсов;
- четкого определения социальной экономической и экологической ценности воды;
- создания определенной позиции в отношении реструктуризации, полномочий, приватизации, усиления роли местных общин и участия водопользователей;
- четкого определения права на воду, роли АВП, правил координации между секторами и их механизм;
- установление связей с органами охраны окружающей среды, сельским хозяйством, местными органами власти, экономическим развитием и т.д.

Согласно третьей позиции календарного плана разработаны предложения по техническим аспектам ИУВР (равномерная водоподача и снижение организационных потерь воды) на уровне магистрального канала. Во-первых, необходим справедливый, объективный механизм вододеления. В связи с этим предлагается требования на воду оценивать по биологической потребности с использованием единой для всех пользователей методики расчета на основе гидромодульного районирования, климатических условий, техники полива и других показателей. Установление лимитов водозабора на основе принципа пропорциональности, то есть равномерная урезка водопользователям квот на воду относительно биологической потребности с учетом водности источников орошения. Во-вторых, распределение воды должно осуществляться в соответствии с установленными и согласованными лимитами. На трансграничных источниках распре-

деление воды осуществляется на основе межгосударственных соглашений (двух- или многосторонних), при этом реализуется четкий механизм контроля соблюдения соглашений. Применяется законное и неизбежное наказание всех нарушителей водной дисциплины.

В-третьих, использование воды осуществляется каждым потребителем исходя из принципа экономической оптимальности, то есть необходимо стремиться к достижению максимума чистого дохода на единицу затрачиваемой воды. Государство и водопользователи должны проявлять и поощрять инициативы по водосбережению.

В-четвертых, необходимо согласованное обеспечение доступа к информации по водопользованию для всех заинтересованных сторон. Необходимо создать четкую систему учета воды (гидрометрия) - как на источниках, так и на водозаборах всех уровней иерархии.

Заключительный этап работы в рамках темы направлен на выработку обобщенных предложений по реализации принципов ИУВР в водохозяйственную практику, которые сводятся к следующему.

### **На бассейновом уровне**

С целью устранения управления водными ресурсами на бассейновом уровне, предлагаются следующие основные мероприятия по техническому совершенствованию:

- разработка системы мониторинга водных ресурсов в Ферганской долине по объектам БВО «Сырдарья»;
- разработка системы мониторинга по трансграничным гидрометрическим постам;
- развитие системы автоматизации, диспетчеризации и сбора данных (SCADA) по основным гидротехническим сооружениям водохозяйственного комплекса и оперативное управление водными ресурсами;
- создание информационной системы БВО «Сырдарья»;
- система коммуникаций с водовыделами;
- разработка системы моделирования переходных процессов на участках рек и каналов;
- разработка системы оперативного управления водными ресурсами;
- модернизация оснащения структурных подразделений и укомплектования их необходимым оборудованием информационной и организационной техники.

**Система оперативного управления водными ресурсами и моделирования переходных процессов на участках рек и каналов.** Гидравлическая сеть водного комплекса бассейнового уровня состоит из множества взаимосвязанных участков рек и каналов в виде уникальных гидротехнических сооружений. В сети имеется множество возможных гидравлических путей и закольцованных участков, наличие которых усложняет процесс оперативного управления водными ресурсами особенно в случае колебания расходов на реках. Диспетчер бассейнового уровня не имеет возможность, при имеющихся средствах, достаточно точно определить режимы работы гидротехнических сооружений и ими управлять напрямую. Для равномерной и стабильной подачи воды к головным сооружениям основных каналов Ферганской долины, необходимо определить такие управляющие воздействия затворами гидротехнических сооружений, которые бы минимизировали отклонения фактических расходов воды от их лимитов по всем потребителям. Система оперативного управления водными ресурсами и моделирования переходных процессов на участках рек и каналов и предназначена для решения этих задач.

Основными функциями этой системы являются:

- оценка фактических режимов работы гидротехнических сооружений;
- расчет план - графиков работы водохозяйственного комплекса по установленным лимитам;
- определение управляющих воздействий для гидротехнических сооружений;
- реализация управлений гидротехническими сооружениями с помощью компьютера в реальном масштабе времени;
- оперативный учет и баланс водных ресурсов по участкам за сутки, декаду и месяц;
- реализация алгоритмов управления и законов регулирования для локальных систем автоматического регулирования уровней и расходов воды;
- моделирования динамических процессов на участках рек и каналов;
- оптимизация управление водными ресурсами на бассейновом уровне.

Разработка данной системы осуществляется на базе современных компьютеров и программных комплексов, а также дополнительных программ для решения прикладных водохозяйственных задач.

### **На национальном уровне – пилотных каналах**

Переход к ИУВР на намеченных пилотных каналах требует, прежде всего, учета ряда общих для всех каналов подходов:

- перестройки организационной структуры управления каналом, создания его единого управления (УИС), основанного на демократическом участии всех заинтересованных сторон;
- техническое усовершенствование состояния каналов, гидросооружений и оборудования, включая гидрометрические в целях создания условий для равномерного и справедливого водораспределения;
- совершенствование системы водораспределения и обеспечения водопользователей водой, в соответствии с нормами и сроками;
- изменение правового статуса УИС при переходе к ИУВР, т. е. преобразование его в автономную организацию, учредителем которой является водохозяйственная структура, водопользователи, местные органы власти и др. физические и юридические лица;
- создания финансовой основы деятельности УИС, которую, с учетом особенностей нового статуса канала, составляют, помимо государственных субсидий, взносы учредителей, плата за воду и водохозяйственные услуги, банковские и др. средства;
- усовершенствование системы взаимоотношений между УИС и водопользователями: водопользователи через АВП взаимодействуют с УИС в части водопотребления, лимитов и сроков водоподачи, а также оказания различного рода услуг на контрактной (договорной) основе;
- функционирование ирригационных систем внутри АВП обеспечивается самими АВП и за их счет, с возможным привлечением государственных средств;
- исключение или сведение до минимума вмешательства местных властей в выполнение УИС функций водораспределения.

С целью устранения вышеуказанных и др. недостатков управления водными ресурсами на, пилотных каналах Южно-Ферганский, Гулякандоз и Араван-Ак-Буринский, определен комплекс мероприятий по их техническому совершенствованию:

- разработка системы мониторинга водных ресурсов;

- разработка системы мониторинга по основным гидрометрическим постам на каналах;
- развитие системы автоматизации, диспетчеризации и сбора данных (SCADA) по основным гидротехническим сооружениям и оперативному управлению водными ресурсами;
- разработка системы моделирования переходных процессов на участках каналов;
- разработка системы оперативного управления водными ресурсами;

Ниже по тексту приведены сформулированные цели и задачи вышеуказанных мероприятий, идентичные для всех 3-х пилотных каналов.

### **Мониторинг водных ресурсов на пилотных каналах**

Основной целью системы мониторинга водных ресурсов является возможность получения достоверной и оперативной информации о количестве и качестве водных ресурсов на канале и его основных отводах, водозаборных сооружениях, гидроузлах и гидрометрических постах для совершенствования водоучета, в целях повышения эффективности в управлении и распределении водных ресурсов.

### **Разработка системы мониторинга по гидрометрическим постам на пилотных каналах**

Основной целью системы мониторинга по основным гидрометрическим постам является получение достоверной и оперативной информации о количестве и качестве водных ресурсов на гидрометрических постах.

### **Развитие системы автоматизации, диспетчеризации и сбора данных (SCADA) по основным гидротехническим сооружениям на пилотных каналах**

Основной целью системы автоматизации, диспетчеризации и сбора данных являются:

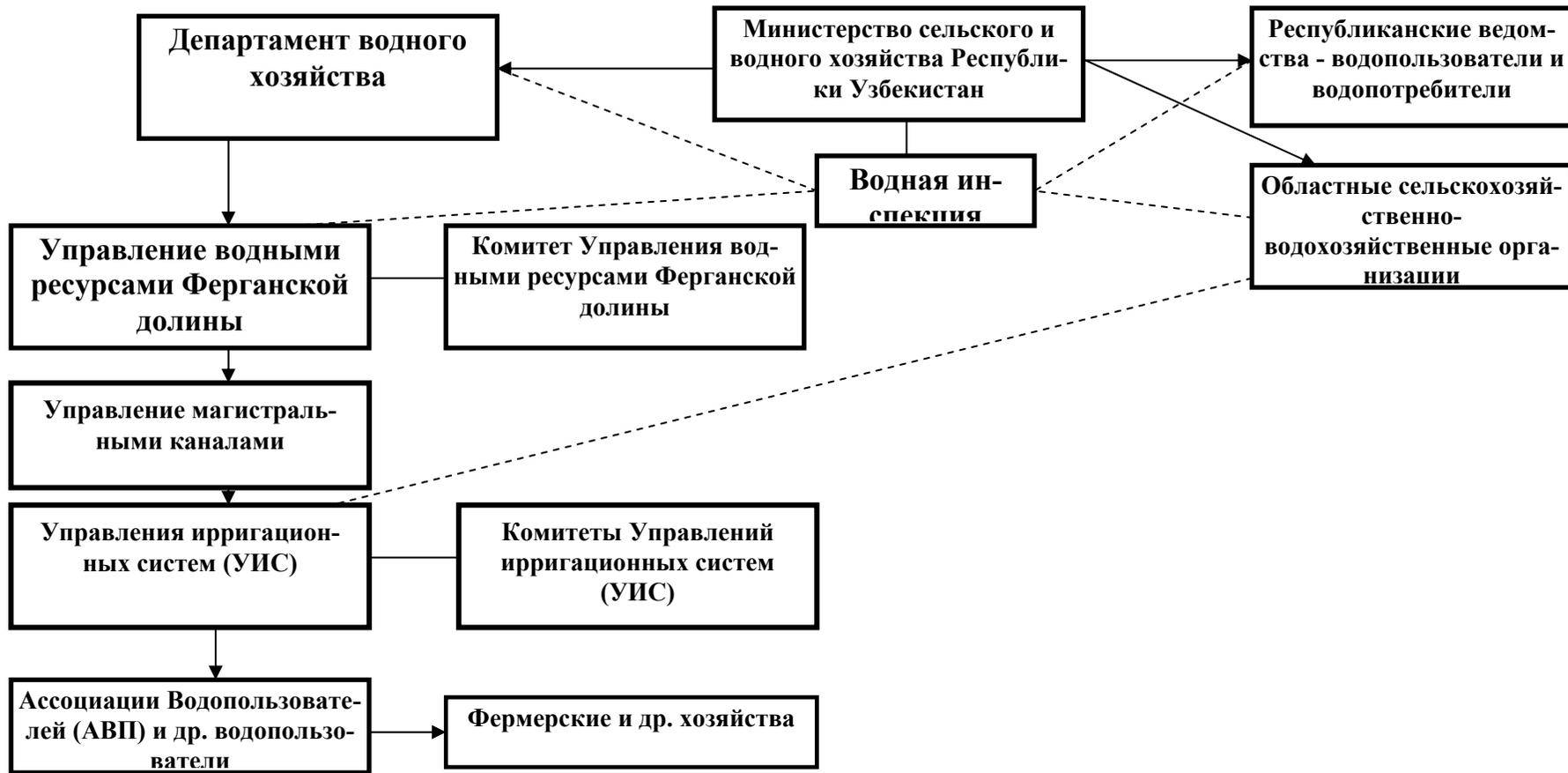
- телеизмерение уровней, расходов, минерализации воды и открытия затворов гидротехнических сооружений;
- непрерывный сбор, хранение и обработка измеренных данных на компьютерах гидротехнического сооружения диспетчерского пункта;
- автоматическое регулирование уровней и расходов воды гидротехнических сооружений; дистанционное и ручное управление отдельными затворами и группами затворов на гидротехническом сооружении и с диспетчерского пункта;
- непрерывная информационная связь с гидротехническими сооружениями, с диспетчерскими пунктами;
- дистанционное наблюдение, в целях устранения неисправностей оборудования систем автоматизации и гидротехнических сооружений.

### **Система оперативного управления водными ресурсами и моделирования переходных процессов на участках канала на пилотных каналах**

Основными задачами этой системы являются:

- оценка фактических режимов работы гидротехнических сооружений;
- расчет план - графиков работы канала по установленным лимитам;

- определение управляющих воздействий для гидротехнических сооружений;
- реализация управления гидротехническими сооружениями с помощью компьютера в реальном времени (Internet);
- оперативный учет и баланс водных ресурсов по участкам за сутки, декаду и месяц;
- реализация алгоритмов управления и законов регулирования для локальных систем автоматического регулирования уровней и расходов воды;
- моделирование динамических процессов на участках канала;
- оптимизация управления водными ресурсами на уровне канала.



Административная связь; ----- - Функциональная связь



**Рекомендуемая организационная структура интегрированного управления водными ресурсами в Узбекской части Ферганской долины на основе гидрографического принципа**

## 1.2. ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНОК ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ (2030)

В.Г. Приходько, Ф.Я. Эйнгорн

Цель работы: модификация модели управления бассейном Аральского моря для оценки системы показателей развития стран ЦА на среднесрочную и долгосрочную перспективы (2030 г.).

Этапы НИР:

- Модификация модели управления бассейном Аральского моря для расчета на период до 2030 г.
- Анализ сценариев перспективного развития предложенных в подкомпоненте А-1.<sup>1</sup>
- Оценка располагаемых водных ресурсов с учетом потерь поверхностного стока и возможного объема использования подземных и возвратных вод.

Анализ реальности развития водного хозяйства стран ЦА, предлагаемых национальными стратегиями по А-1 до 2015 года

- Социально-экономическая оценка перспективного развития государств бассейна Аральского моря на основании национальных стратегий предложенных в подкомпоненте А-1 с применением модели управления бассейном Аральского моря.

Анализ реальности предлагаемого развития водного хозяйства до 2030 г. по национальным стратегиям подкомпонента А-1.

В соответствии с рабочей программой, за I первый квартал были произведены изменения в алгоритме модели управления бассейном Аральского моря для осуществления оценки перспективного (среднесрочного и долгосрочного) развития государств бассейна Аральского моря на среднесрочную и долгосрочную на период до 2030 г.

За второй квартал были произведен анализ сценариев перспективного развития предложенных в подкомпонентом А-1, а также внесены основные исходные параметры данных в социально-экономическую модель.

За третий квартал 2003 года была произведена оценка располагаемых водных ресурсов с учетом потерь поверхностного стока и возможного объема использования подземных и возвратных вод. Анализ реальности развития водного хозяйства стран ЦА, предлагаемых национальными стратегиями по А-1 до 2020 года.

### 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Водные ресурсы Центральной Азии складываются из возобновляемых поверхностных и подземных вод, а также возвратных вод антропогенного происхождения. Водные ресурсы относятся, главным образом, к бассейнам рек Сырдарья и Амударья. Самостоятельные бассейны (бессточные, но тяготеющие к реке Амударья) образуют реки Кашкадарья, Заравшан, Мургаб, Теджен, ранее потерявшие гидрологическую связь с основной рекой. В пределах Казахстана и Кыргызстана водные ресурсы формируются и в других бассейновых системах: в Казахстане расположены еще семь самостоятельных речных бассейнов, в Кыргызстане - четыре.

<sup>1</sup> Анализ выполнен по отчетам национальных групп, переданных в НИЦ МКВК до марта 2003 года.

Естественный среднесуточный речной сток в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи (за период трех циклов водности 1934-1992 гг., км<sup>3</sup>/год). Представлен таблицами 1 и 2.

Таблица 1

### Бассейн реки Амударьи

Бассейн реки		Речной сток, формирующийся в пределах государства					Всего бассейн Амударьи
		Кыргызстан	Таджикистан	Узбекистан	Туркменистан	Афганистан и Иран	
Пяндж		-	21,089	-	-	13,200	34,289
Вахш		1,604	18,400	-	-	-	20,004
Кафирниган		-	5,452	-	-	-	5,452
Сурхандарья		-	0,320	3,004	-	-	3,324
Кашкадарья		-	-	1,232	-	-	1,232
Зеравшан		-	4,637	0,500	-	-	5,137
Мургаб		-	-	-	0,868	0,868	1,736
Теджен		-	-	-	0,560	0,561	1,121
Атрек		-	-	-	0,121	0,121	0,242
Реки Афганистана		-	-	-	-	6,743	6,743
Всего бассейн Амударьи	(км <sup>3</sup> )	1,604	49,898	4,736	1,549	21,593	<b>79,280</b>
	(%)	2,0	62,9	6,0	1,9	27,2	100

Таблица 2

### Бассейн реки Сырдарьи

Бассейн притока		Речной сток, формирующийся в пределах государства				Всего бассейн Сырдарьи
		Кыргызстан	Казахстан	Таджикистан	Узбекистан	
Нарын		14,544	-	-	-	14,544
Карадарья		3,921	-	-	-	3,921
Реки междуречья Нарына и Карадарьи		1,760	-	-	0,312	2,072
Правый берег Ферганской долины		0,780	-	-	0,408	1,188
Левый берег Ферганской долины		3,500	-	0,855	0,190	4,545
Реки среднего течения		-	-	0,150	0,145	0,295
Чирчик		3,100	0,749	-	4,100	7,949
Ахангаран		-	-	-	0,659	0,659
Келес		-	0,247	-	-	0,247
Арысь и Бугунь		-	1,183	-	-	1,183
Реки нижнего течения		-	0,600	-	-	0,600
Всего бассейн Сырдарьи	(км <sup>3</sup> )	27,605	2,426	1,005	6,167	<b>37,203</b>
	(%)	74,2	6,5	2,7	16,6	100

„Схемами комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек Амударья и Сырдарья“ на основании выполненных балансов установлены объемы располагаемых водных ресурсов, возможных к использованию. Результаты расчетов приведены по бассейнам в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

**По бассейну реки Амударья, км<sup>3</sup>**

Статьи баланса	Бассейн	Ствол реки
<b>1. Водные ресурсы</b>		
Среднегодовой речной сток	78,40	66,90
Зарегулированные водные ресурсы	69,30	63,10
Приток возвратных вод в реки	11,68	8,87
Внутриконтурное использование возвратных вод	10,54	10,54
Использование подземных вод	1,90	1,29
<b>Итого водные ресурсы</b>	<b>93,42</b>	<b>82,80</b>
<b>2. Затраты и потери стока</b>		
Потери из рек и водохранилищ	3,85	3,48
Отбор в Афганистан	2,10	2,10
Санпопуск	3,15	3,15
<b>ИТОГО затраты и потери стока</b>	<b>9,10</b>	<b>8,73</b>
<b>Располагаемые водные ресурсы</b>	<b>84,32</b>	<b>74,07</b>

Таблица 4

**По бассейну реки Сырдарья, км<sup>3</sup>**  
(выше Чардаринского водохранилища)

№ п/п	Элементы баланса	Ед. изм.	Значения
<b>А. Приходные статьи</b>			
1	Среднегодовые ресурсы		37,88
2	Коэф. зарегулированности стока		0,93
3	Зарегулированные водные ресурсы		35,23
4	Отток возвратных вод в русло		4,93
5	Внутриконтурное использование возвратных вод		5,88
	<b>Итого располагаемые ресурсы</b>		<b>46,04</b>
<b>Б. Расходные статьи</b>			
6	Безвозвратные потери из русел и водохранилищ		0,68
7	Пополнение грунтовых вод		0,20
8	Водопотребление прочих отраслей		5,09
9	Подача в Чардаринское водохранилище		10,0
	<b>Итого расходные статьи</b>		<b>15,97</b>
	<b>Располагаемые водные ресурсы, подлежащие межреспубликанско-му распределению выше Чардары</b>		<b>30,07</b>

## 2. ОЦЕНКА БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ И ТРЕБОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

### 2.1. По бассейну Амударьи

Разными авторами на основании исследований, выполненных в разное время, величины потерь оцениваются не однозначно в широком диапазоне.

В.Л. Шульц в работе „Реки Средней Азии“ оценивает потери величиной  $7,6 \text{ км}^3$ .

При разработке Схемы КИОВР бассейна САО Гидропроект величину потерь принял в объеме  $6,6 \text{ км}^3$  (испарение –  $4,7$ , фильтрация –  $0,3$ , неучтенный водозабор –  $1,4$  и погрешности в учете –  $0,2$ ). Величина потерь на испарение получена на основании испаряющей способности водной поверхностью, различной растительностью и припойменной территорией дифференцировано по контурам их распространения. Этот метод представляется наиболее достоверным и мог бы быть применен в настоящее время с уточнением величин фактических значений испаряющих площадей.

При уточнении Схемы САО Гидропроект дал иную оценку потерь –  $2,9 \text{ км}^3$ , в т.ч. в низовьях –  $1,96$ .

Исследованиями САНИИРИ величина потерь получена ниже Туямуюнского гидроузла за 1981-88 годы –  $3,8 \text{ км}^3$ , а за 1989-90 –  $7,3$ .

А.Г. Сорокин потери на участке Керки-Саманбай оценил величиной  $11,4 \text{ км}^3$ .

Средазгипроводхлопок в Уточнении схемы КИОВР оценил потери в русле и водохранилищах величиной –  $3,85 \text{ км}^3$ . Следует отметить, что только этот материал был подвергнут экспертизе на самом высоком уровне.

В отчете НИЦ МКВК в работе, выполненной по заданию фирмы Royal Haskoning, приведены результаты исследований потерь стока на участке Келиф-Саманбай по периодам, выполненных балансовым методом:

1970-1979 годы –  $6,3 \text{ км}^3$ ;

1980-1989 годы –  $8,1 \text{ км}^3$ ;

1990-1999 годы –  $8,8 \text{ км}^3$ ;

1999-2000 годы –  $6,9 \text{ км}^3$ ;

2000-2001 годы –  $5,6 \text{ км}^3$ .

Авторами отмечается, что невязка баланса при этом составила  $4 \text{ км}^3$ . Проведенные контрольные замеры на участке Туямуюн-Тахиаташ дали невязку баланса –  $32 \%$  (протокол № 2 совместной комиссии). Такая невязка вызывает сомнение в возможности использования полученных данных для достоверной оценки фактических потерь.

В таблице 4 Отчета НИЦ МКВК приводятся данные, как результат исследований, по относительным потерям из реки Амударьи (в % от расхода реки в начале расчетного участка) для различных сезонов и участков, в зависимости от проходящих по реке расходов. Просчитав по этим рекомендациям потери применительно к расчетному году  $90 \%$  повторяемости, получим величину потерь –  $5,9 \text{ км}^3$  без потерь на верхнем участке, что представляется чрезмерно завышенным результатом.

САО Гидропроект на основании совместной работы с САНИИРИ (А.Б. Мальков, А.С. Сараев, Б.Е. Милькис, 1968 г.) суммарные потери стока по длине реки приняты –  $4,7 \text{ км}^3$ . Потери на испарение были определены по испаряющей способности водной и припойменной подтопленной поверхности, включая острова, покрытой и не покрытой различной растительностью. Этот метод следует считать более достоверным, нежели балансовый с большой невязкой. При этом следует иметь в виду, что со времени этих исследований, в связи с падением уровня моря, произошла врезка русла и сосредоточение стока по большим протокам, сокращение припойменных тугайных и тростниковых зарослей и значительное уменьшение потерь.

Для прекращения деградации дельты и поддержание природного комплекса в Схеме предусмотрены следующие мероприятия:

- строительство Парлытауского гидроузла, призванного обеспечить распределение стока по территории дельты;
- создание внутрисистемных водоемов и поддержание озер;
- создание разветвленной оросительной и коллекторной сети и на их базе систем лиманного орошения, сенокосных угодий и пастбищ.

Водообеспечение указанных мероприятий предусматривалось осуществить за счет привлечения 9,0...10 км<sup>3</sup> за счет:

- переброски стока коллекторов Дарьялык и Озерный в объеме 1,2...2,0 км<sup>3</sup>;
- использования санитарного попуска – 3,15 км<sup>3</sup>;
- использования предусмотренного лимитами попуска на рыбное хозяйство – 1,0...1,3 км<sup>3</sup>;
- использования возвратных вод, формирующихся в дельте, - 3,6...4,4.

В материалах НИЦ на эти цели предусматривается:

- на поддержание озер и водоемов – 1,56 км<sup>3</sup>;
- на проточность озер и водоемов и санитарный попуск – 3,42 км<sup>3</sup>;
- санитарно-экологические попуски по ирригационным системам – 0,8 км<sup>3</sup>;

Для сравнения сопоставим приведенные данные по Схеме КИОВР по отношению к результатам, полученным в НИЦ МКВК

Таблица 5

Виды затрат стока, км <sup>3</sup>	По данным НИЦ	По бассейновой схеме	Разница
Потери в русле и водохранилищах	6,3	3,85	+2,45
Санитарный попуск			
- по ирригационным системам	0,8	—	+0,8
- по руслу,	—	3,15	-3,15
- обводнение озер	1,56	3,09	-1,53
- проточность озер	3,42	—	+3,42
Итого за счет учтенных водных ресурсов в расчетах водodelения	12,08	10,09	+1,99
Поддержание экосистем Приаралья за счет дополнительных мероприятий по коллекторам Дарьялык – Озерный и возвратных вод дельты, без предъявления требований к стоку реки	—	4,8 – 5,8	-5,3

Таким образом выявлена разница в затратах по Схеме и материалам НИЦ только по величине потерь стока, по другим затратам, учтенным при установлении межгосударственных лимитов, в Схеме предусмотрено на 0,46 км<sup>3</sup> больше. Потери стока по изложенным выше соображениям и тому, что эта величина подтверждена экспертизой, принятые в Схеме представляются более предпочтительными.

## 2.2. По бассейну Сырдарья

В работах В.А Шульца потери в дельте оценивались до 60-х годов в размере 2,2 км<sup>3</sup>.

В уточненной схеме КИОВР Средазгипроводхлопком потери из реки в расчетном контуре выше Чардаринского водохранилища были оценены в 0.88 км<sup>3</sup>/год, из них потери с поверхности рек и озер – 0.68 км<sup>3</sup>/год, потери на накопление грунтовых вод – 0,2 км<sup>3</sup>/год, потери в низовьях – 2,59 км<sup>3</sup>/год.

По данным БВО “Сырдарья” в водохозяйственных балансах 1987-1992 годов средние потери из реки (включая низовья) приняты в размере 3.79 км<sup>3</sup>/год.

По расчетам САНИИРИ за 1985 год потери из рек Нарын и Сырдарья (включая потери из водохранилищ) на участке Токтогул – Казалинск составили еще большую величину - 6.49 км<sup>3</sup>/год, в том числе из Нарына – 0.87 км<sup>3</sup>/год (потери рассчитаны по невязке руслового баланса и могут включать неучтенный водозабор).

Авторы делают ссылку на проводимые ранее исследования и отмечают, что оценка потерь в бассейне изменялась в пределах 3-7 км<sup>3</sup>/год, в т.ч. потери в русловых водохранилищах составляли 0.6-1.0 км<sup>3</sup>/год. Потери стока в низовьях реки на участке Чардара – Казалинск для лет различной водности приведены в таблице:

Таблица 6

Год	Обеспеченность, %	Потери за год	За вегетацию	За межвегетацию
1984	90	1.9	1.4	0.5
1987	50	3.3	2.4	0.9
1988	25	5.0	3.7	1.3

Оценка производилась по невязке руслового водного баланса и включает потери на испарение, транспирацию, отток и приток подземных вод, а также потери на разливы в пойме реки. Потери по году 90 % повторяемости совпадают с оценкой Средазгипроводхлопка и данными Д.Я Ратковича.

По оценке НИЦ МКВК величина современных естественных потерь (на испарение с водной поверхности и фильтрацию) из рек Нарын и Сырдарья и водохранилищ, на участке Токтогул – Казалинск в зависимости от водности года колеблется в пределах 3...6 км<sup>3</sup>/год.

В отчете НИЦ МКВК приняты следующие величины санитарных попусков по стволам рек Нарын и Сырдарья: ниже Токтогульского и Кайраккумского гидроузлов расход воды не должен быть меньше 100 м<sup>3</sup>/сек плюс дополнительный энергетический попуск в зимний период – 80 м<sup>3</sup>/сек. Ниже Чардаринского водохранилища – 90 м<sup>3</sup>/сек.

Рекомендованные величины санитарных попусков представляются завышенными, а на участках реки верхнего и среднего течений просто излишними, так как на этих участках проточность с лихвой обеспечивается хозяйственными попусками.

В Схеме КИОВР санитарный попуск предусматривается в объеме 0,54 км<sup>3</sup> только ниже Казалинского гидроузла в месяцы, когда отсутствует хозяйственный или попуск в море. Совершенно непонятно принятые изменения требований санитарного попуска по месяцам.

Безвозвратные потери стока – 0,88 км<sup>3</sup> (табл. 4) имеют место на участке выше Чардаринского водохранилища.

В бассейновой схеме вначале были определены требования низовьев по притоку к створу водохранилища, а затем устанавливалось вододеление выше его.

Требования низовьев складывались из:

- затрат на орошение – 4,35 км<sup>3</sup>;
- поддержание естественных пастбищ – 0,2 км<sup>3</sup>;
- поддержание озер дельты – 1,28 км<sup>3</sup>;
- санитарный попуск – 0,54 км<sup>3</sup>;
- охрана природного комплекса – 2,09 км<sup>3</sup>;
- попуск в Аральское море – 3,24 км<sup>3</sup>;
- потери из водохранилища – 0,5 км<sup>3</sup>.
- прочие – 0,05

Всего в среднемноголетнем разрезе суммарные требования – 12,25 км<sup>3</sup> (по году 90% обеспеченности - 10), в том числе затраты на экосистемы – 7,9 км<sup>3</sup>.

Сопоставление с затратами стока по отчету НИЦ МКВК (по среднемноголетнему году):

Таблица 7

Статьи баланса, км <sup>3</sup>	По отчету НИЦ	По схеме КИОВР	Разница к от- чету НИЦ
<b>Водные ресурсы</b>			
Приток к Чардаринскому в-щу	14.49	12,20	+2.29
Сбросы р. Арысь	0.47	0.55	-0.08
Использование возвратного стока (	0.75	0.87	-0.12
<b>ИТОГО ресурсы</b>	<b>15.71</b>	<b>13.62</b>	<b>+2.09</b>
<b>Затраты стока</b>			
Ирригация	6.37	4.35	+2.02
Хозяйственно-экологические	2.06	2.29	-1.40
Прочие отрасли	0.12	0.05	+0.07
Дельта (поддержание озер)	1.05	1.28	-0.23
Приток в Малое море	1.80	3.24	-1.44
Санитарный попуск	—	0.54	-0.54
Потери	4.30	0.50	+3.80
<b>Итого:</b>	<b>15.70</b>	<b>12.25</b>	<b>+3.45</b>

В отчете НИЦ завышены водные ресурсы по притоку к Чардаре на 2,09 км<sup>3</sup> (лимит для среднемноголетнего года – 12.0 км<sup>3</sup>), завышены затраты на орошение против лимита на 2.02 км<sup>3</sup>, завышены потери против своих же рекомендаций на - 1.0 км<sup>3</sup>, в целом общая оценка затрат практически совпадает.

Таким образом, перераспределение установленных межгосударственных лимитов для покрытия потерь и экологических попусков в низовья не требуется.

### 3. ЛИМИТЫ МЕЖРЕСПУБЛИКАНСКОГО ВОДОДЕЛЕНИЯ

Лимиты межреспубликанского вододеления в бассейновых схемах установлены исходя из следующих принципов:

- полного удовлетворения требований приоритетных потребителей (промышленность, коммунально-бытовое потребление, рыбное хозяйство, рекреация, санитарные попуски);
- оставшая вода для сельскохозяйственного потребления с распределением в соответствии с фактически орошаемыми площадями на уровне 1980 года и пропорционального распределения приростов.

При этом оросительные нормы приняты дифференцированно по гидромодульным районам по единым „Расчетным значениям оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи“, утвержденных Минводхозом СССР.

КПД оросительных культур принят расчетный с учетом реализации мероприятий, предусмотренных схемами.

Использование земельного фонда и состав возделываемых сельскохозяйственных культур принят фактически сложившимся.

Межреспубликанское вододеление было разработано на основе принципа общности и равноправия всех участников водопользования, расчетного предельного развития орошения на имеющихся водных ресурсах и распределения возможных приростов пропорционально фактически орошаемой площади в республиках. За стартовый уровень по наличию площадей орошения по обоим бассейнам был принят 1980 год.

По бассейну р. Амударьи принятое предельное развитие орошения, лимитированное водопотребление и покрытие из разных источников приведено в таблице 8.

Таблица 8

Республики	Водопотребление, км <sup>3</sup>			Водозабор из рек		Использование подзем и возв. вод
	суммарное	орошение	прочих отраслей	всего	В т.ч. на орошение	
Киргизия	0,42	0,38	0,04	0,38	0,38	0,04
Таджикистан	10,63	7,92	2,71	9,87	7,92	0,76
Туркменистан	27,06	24,63	2,43	21,73	19,95	5,33
Узбекистан	46,21	39,04	7,17	38,92	33,08	7,29
Всего	84,32	71,27	12,35	70,90	61,43	13,42
В т.ч. из Амударьи	74,07	63,81	10,26	61,50	53,27	12,57

По бассейну р. Сырдарьи принятое предельное развитие орошения, лимитированное водопотребление и покрытие из разных источников приведено в таблице 9.

Таблица 9

Республики	Суммарное расчетное водопотребление, км <sup>3</sup>		Покрытие полного водопотребления с гарантией 90 %, км <sup>3</sup>			Площади орошения, тыс.га
	полное	в т.ч. на орошение	из поверхностных вод		из подземных и возвратн. вод	
			всего	в т.ч. из ствола		
Казахстан	15,29	10,40	12,29	10,01	3,00	780
Киргизия	4,88	4,38	4,03	0,39	0,85	456
Таджикистан	3,66	3,17	2,46	1,81	1,20	262
Узбекистан	25,49	21,36	19,69	10,48	5,80	1892
Всего по бассейну	49,32	39,31	38,47	22,69	10,85	3390

Лимиты водозаборов из реки Амударья приведены в таблице 9

Таблица 51.

Республики	км <sup>3</sup>	% %
Киргизия	0,40	0,60
Таджикистан	9,5	15,4
Туркмения	22,0	35,8
Итого	61,5	100
В т.ч. ниже поста Керки		
Туркменистан	22,0	50
Узбекистан	22,0	50
Итого	44,0	100

#### 4. УРОВНИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО РАЗВИТИЯ ОРОШЕНИЯ И ПЛАНИРУЕМЫЕ В НАЦИОНАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЯХ В КОМПОНЕНТЕ А-1 АГЕНСТВА GEF МФСА

Планируемое республиками развитие орошения по уровням и требуемый водозабор приведены в таблице 10.

Таблица 10

Республики	Орошаемая площадь, тыс. га				Водозабор, млн. м <sup>3</sup>			
	лимит	2000г.	2010-15	2025-30	лимит	2000г.	2010-15	2025-30
<b>Бассейн реки Амударья</b>								
Киргизия	65	15,7	15,7	15,7	400	60	70	100
Таджикистан	576	447,3	624	777	9500	963	10000	13640
Туркменистан	1350	1860	2168	2638	22000	22000	22000	22000
Узбекистан	2940	2358	2422	2910	29600	38213	37530	46200
Всего	4931	4681	5229,7	6340,7	61500	61236	69600	81940
<b>Бассейн реки Сырдарья</b>								
Казахстан	780	786,2	800	815	12290	12290	12290	12290
Киргизия	456	408	443,7	500,2	4030	4350	4850	6300
Таджикистан	262	271	330	411	2460	3470	5400	6710
Узбекистан	1892	1896	1933	2005	19690	24620	25490	25490
Всего	3390	3361	3506,7	3731,2	38470	44730	48030	50790

По обоим бассейнам планируемое в национальных стратегиях развитие орошения и требования к водозаборам значительно превышают установленные лимиты и оросительную способность бассейнов рек.

#### 5. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОЙ ТРЕБОВАНИЙ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ

Сравнительная оценка предлагаемого развития орошения и увеличения водозаборов выполнена по республикам в сопоставлении с лимитами, одобренными Межправительственным 1992 года „Соглашением о сотрудничестве в сфере совместного управле-

ния использованием и охраны водных ресурсов межгосударственных источников“. Оценка выполнена по речным бассейнам.

### **5.1. Бассейн реки Амударья**

#### По Кыргызской Республике:

– Развитие орошения и объем водозабора планируется в пределах установленных лимитов.

#### По Республике Таджикистан:

– Планируется орошаемую площадь довести до 777 тыс.га, что превысит установленный лимит в 1,35 раза;  
– Объем водозабора планируется увеличить против лимитов в 1.44 раза;  
– Вместо снижения чрезмерно высокого приведенного удельного водопотребления планируется его увеличение.

#### По Туркменистану:

– Планируется увеличение орошаемых площадей проти в лимита в 1.95 раза, при этом декларируется соблюдение установленного лимита по водозабору, т.е. достижение снижение удельного водопотребления с 16.3 тыс м<sup>3</sup>/га до 8.3, что в условиях Туркменистана нереально.

#### По Республике Узбекистан:

– Развитие орошения планируется осуществлять в пределах установленных лимитов на уровень 2025-30гг – до 2910 тыс.га (лимит 2940);  
– Требования же по водозабору превышают лимит в 1.56 раза (см. табл. 9 информационный отчет за 3 этап);  
– Приведенное удельное водопотребление при этом превысит лимитированное в 1.68 раза. Оправдать такой планируемый регресс не представляется возможным.

### **5.2 Бассейн реки Сырдарья**

#### По Республике Казахстан:

– Намечается орошаемую площадь довести до 815 тыс. га без увеличения установленных лимитов по водозабору за счет повышения эффективности их использования.

#### По Кыргызской Республике:

– Планируется увеличение площади орошаемых земель против установленного лимита в 1.1 раза, а объем водозабора увеличить в 1.56 раза.

#### По Республике Таджикистан:

– Площадь орошаемых земель планируется увеличить против лимита в 1.57 раза с увеличением водозабора в 2.73 раза. При этом удельный водозабор достигнет 20.3 тыс.м<sup>3</sup>/га, что не может быть оправдано какими-либо техническими соображениями.

#### По Республике Узбекистан:

– Орошаемую площадь планируется довести до 2005 тыс.га с превышением установленного лимита в 1.29 раза, при этом удельный водозабор составит 12.7 тыс.м<sup>3</sup>/га.

К сожалению, в национальных стратегиях не приводится какого-либо обоснования принимаемым показателям, но это и понятно, поскольку как-то обосновать приведенные показатели вряд ли удастся.

Нами выполнены расчеты по возможности водообеспечения предложенного республиками развития орошения и удовлетворения заявляемых водозаборов, для средне-многолетнего года и лет с обеспеченностью 75 и 90.

**По результатам этих расчетов можно сделать следующие выводы:**

1. На уровень развития – 2015 года:
  - 1.1. По бассейну р. Амударьи водообеспеченность предлагаемого в национальных стратегиях развития с учетом отсутствия регулирования в Рагунском водохранилище, что снижает располагаемые водные ресурсы на 4,5 км<sup>3</sup>, будет ниже нормативной и равна по расчетному году 90 % обеспеченности 75 %, а в случае фактического объема внутри-контурного использования возвратных вод, снизится до 64 ;
  - 1.2. По бассейну р. Сырдарьи водообеспеченность планируемого развития в национальных стратегиях будет по расчетному году 79 %, а в условиях фактического использования возвратных вод – 65 %.
2. На уровень развития – 2030 года:
  - 2.1. В бассейне р. Амударьи при условии пуска в эксплуатацию Рогунского водохранилища обеспеченность водой всех потребителей будет по расчетному году на уровне – 74 %, а при фактическом объеме использования возвратных вод на – 60. Если же водохранилище не будет построено, то обеспеченность будет – 54%, т.е. орошаемые земли перейдут в категорию условно орошаемых, с соответствующей продуктивностью.
  - 2.2. По бассейну р. Сырдарьи водообеспеченность на этом уровне по расчетному году будет – 74 %, а в условиях фактического использования возвратных вод – 60 %.
3. Приведенные цифры говорят о нереальности запланированного уровня развития в национальных стратегиях. Следует, к сожалению констатировать, что международным консультантом не полностью выполнено техническое задание, в котором предусматривалась разработка ограничений при водodelении, а региональная группа не сумела оказать необходимое влияние. В результате большая работа с привлечением широкого круга специалистов не достигла поставленной цели.
4. Прделанная работа подтверждает мнение НИЦ о необходимости доработки проекта GEF.

За четвертый квартал 2003 года была проведена социально-экономическая оценка перспективного развития государств бассейна Аральского моря на основании национальных стратегий, предложенных в подкомпоненте А-1, с применением модели управления бассейном Аральского моря. Также выполнен анализ реальности предлагаемого развития водного хозяйства до 2030 г. по национальным стратегиям подкомпонента А-1.

По национальным планам перспективного развития к 2020 году численность населения в регионе составит чуть более 65 млн. человек. Значительный прирост населения планируется в Таджикистане и Туркменистане – 9,5 и 11,7 млн. человек к 2020 году со средними значениями темпа роста за 20 лет 2,19 и 3,97. Узбекистан планирует 36,95 млн. человек к 2020 г при среднем росте населения 2,0. (рис. 1)

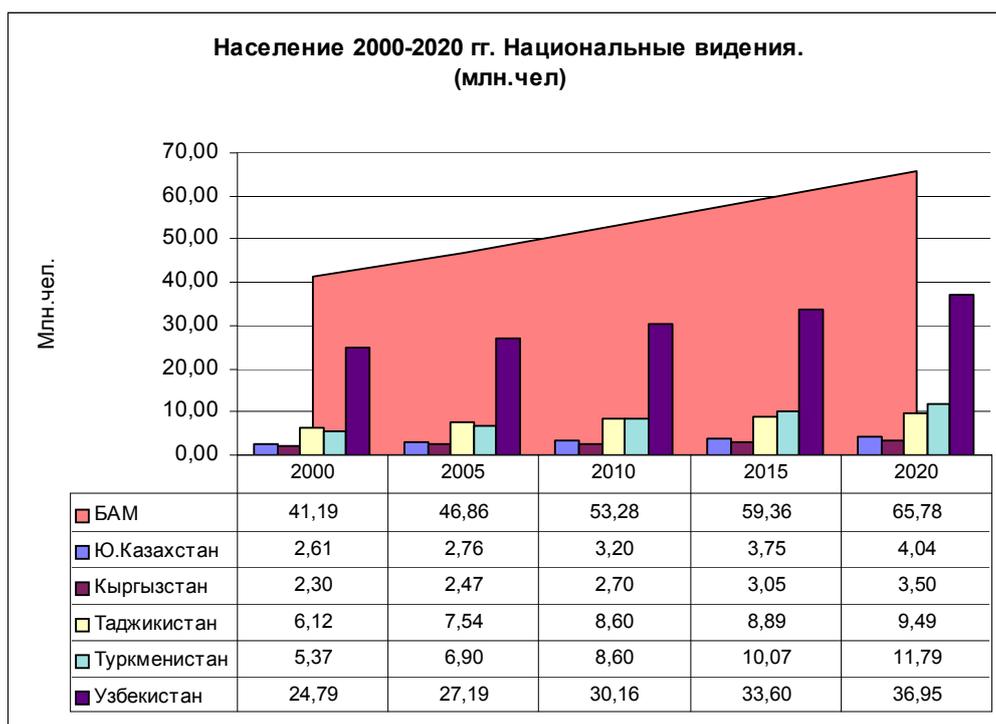


Рис. 1

Валовой национальный доход на душу населения, в целом по региону, возрастет с 668 долл./чел до 2097 долл./чел или в 3,1 раза. (рис.2).

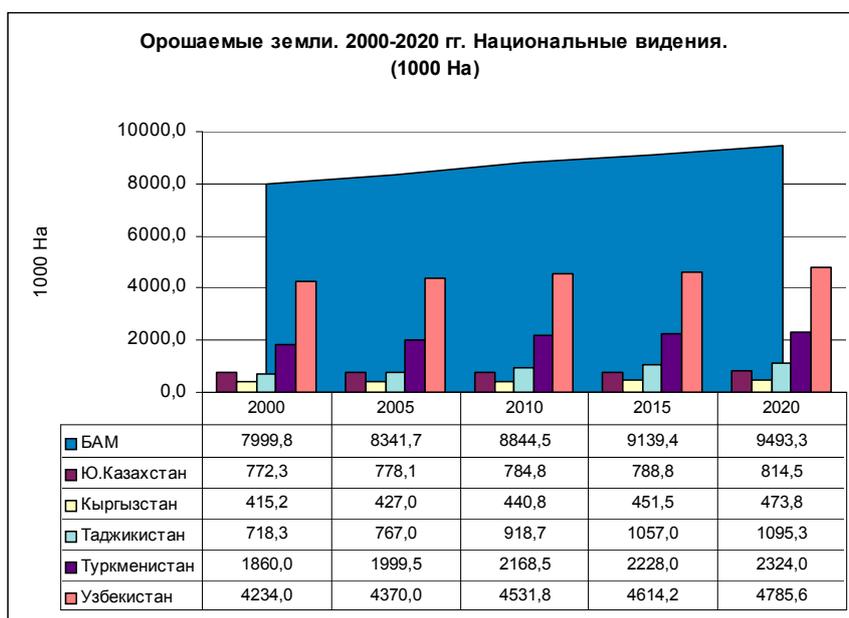


Рис. 2

Площади орошения в целом по региону к 2020 году составят 9493,3 тыс. га., или возрастут в 1,2 раза. Львиная доля увеличения земель приходится на Туркменистан с 1860 тыс. га до 2324,0 тыс.га. ( рис.3 ). Хотя при этом показатель орошаемых земель на душу населения снизится с 0,19 га/чел до 0,14 га/чел (рис. 4).

По этим сценариям главное внимание уделяется обеспечению производству питания, и оно к 2005 году превысит на 2 %, но резерв воды составит всего 1,5 км<sup>3</sup>, к 2010 обеспеченность пищей превысит 14%, но водных ресурсов уже не хватает 2,5 км<sup>3</sup> в год, к 2020 году обеспеченность продуктами питания превысит 20 % , а дефицит воды составит 5,2 км<sup>3</sup> в год. (рис.5)

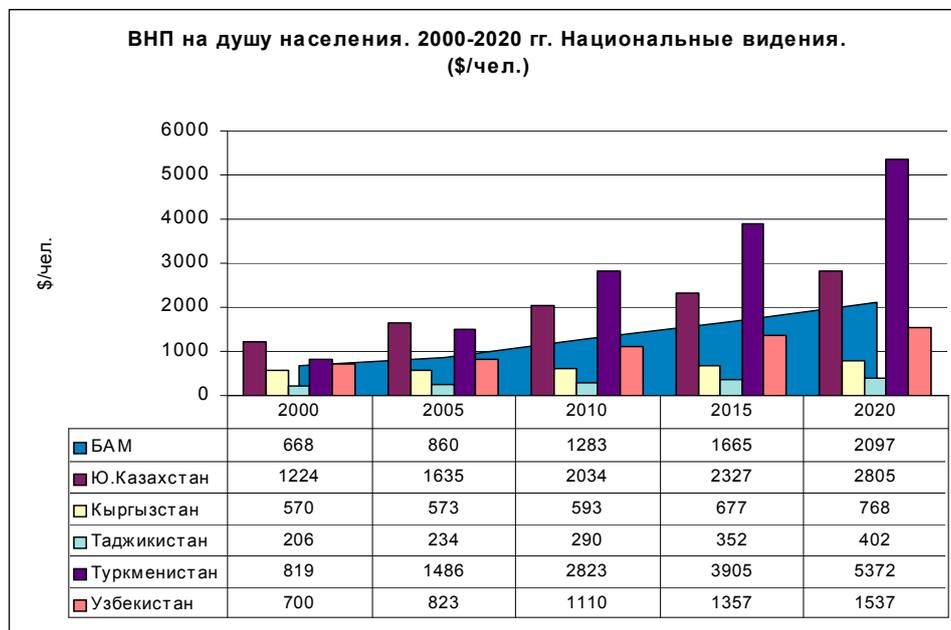


Рис. 3

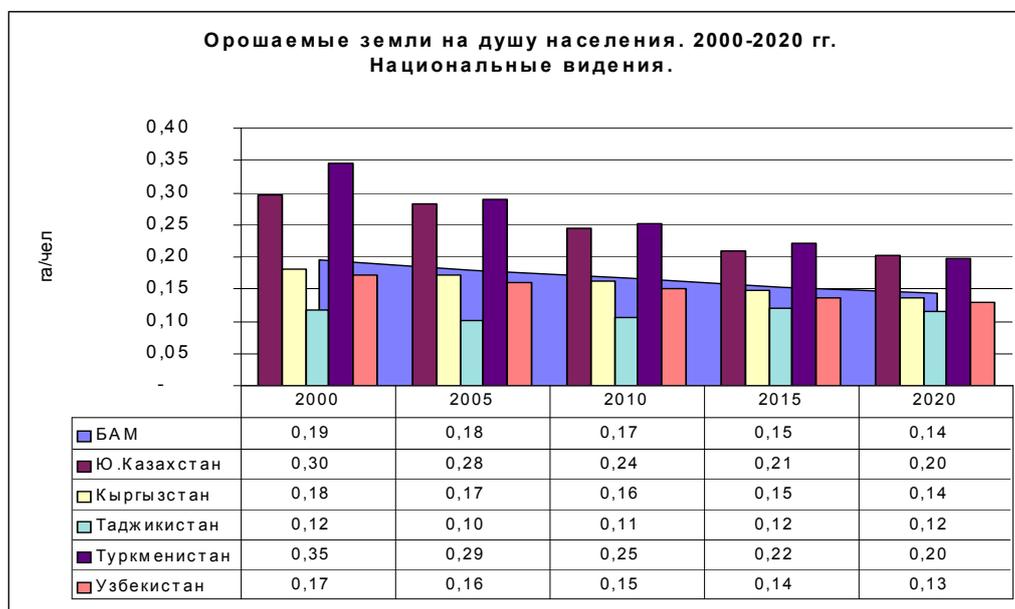


Рис. 4

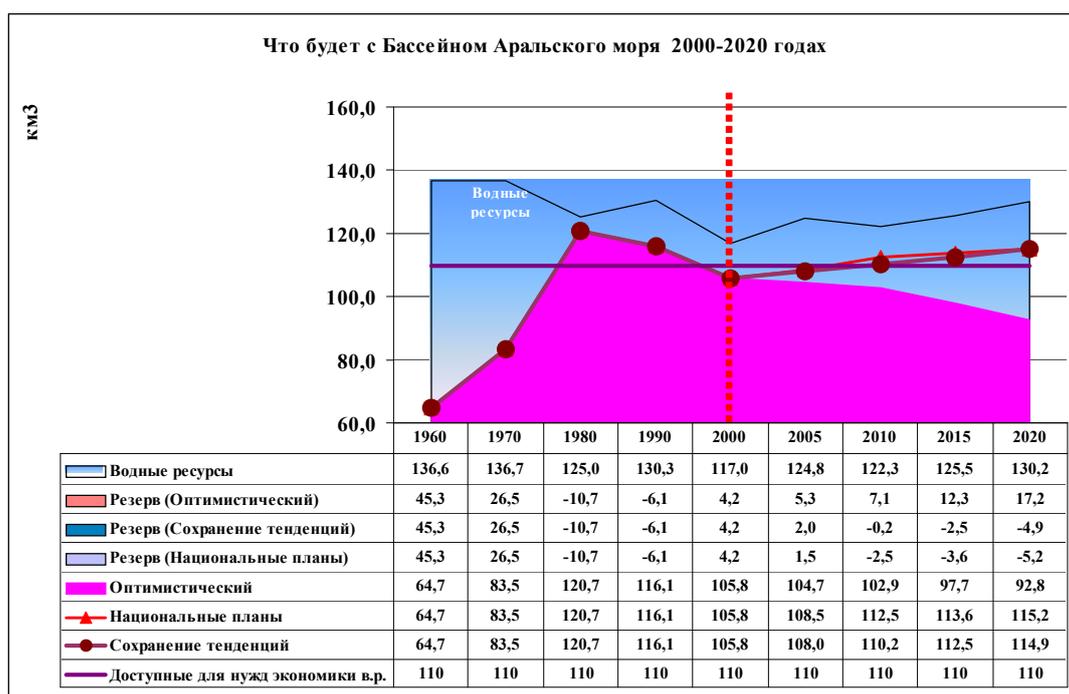


Рис. 5

Инвестиции в сценариях улучшения и восстановления (к 2020 году).

В *Казахстане* полностью восстановить водохозяйственные и ирригационные системы намечается к 2020 году, производительность сельского хозяйства - увеличить более чем на двадцать процентов, площадь орошаемых земель - нарастить чуть более восьмисот тысяч гектаров. Инвестиционная программа в казахстанской части Сырдарьи, включающая первоочередные объекты экологического оздоровления, имеет стоимость в 5520 млн. долл., из них на объекты ирригационного назначения приходится 2637.67, в том числе в Южно-Казахстанской области 1110.33 и Кызылординской области 1527.34 млн. долл. На основе этой программы экологического оздоровления, включающей ирригационно-мелиоративные проекты, проработаны различные сценарии развития на период до 2025 года. По всем этим мероприятиям имеются технико-экономические обоснования, вошедшие в технико-экономический доклад «Экологическое оздоровление казахстанской части Приаралья», государственную программу по сохранению Аральского моря и восстановлению экологического равновесия в Приаралье на период до 2006 года, «Основные положения Национальной водной стратегии Республики Казахстан в бассейне Аральского моря». Поскольку указанные выше инвестиционные ожидания в объеме 5520 млн. долл., из них 2637.7 на ирригацию, представляются довольно значительными для нынешнего состояния экономики страны, намеченные мероприятия должны быть осуществлены, исходя из принципа неотложной необходимости или приоритетности из числа первоочередных мероприятий. Так, объем первоочередных экологических мероприятий оценивается в 1399.4 млн. долл., из них до 2010 г. необходимо выполнить работы на 492 млн. долл. и в период 2001-2025 годов – 907.4 млн. долл. Из этого общего объема мелиоративно-ирригационных мероприятий 2637.7 млн. долл. на первоочередные мероприятия приходится 1306 млн. долл. Объемы инвестиций в расчете на один год на период до 2025 года, составляют примерно 30-95 млн. долл./год и находятся в пределах капитальных вложений, которые осваивались в

регионе в период интенсивного водохозяйственного и ирригационного строительства. Сложившаяся в последние годы инвестиционная деятельность характеризуется снижением активности государственного сектора экономики и возрастанием роли негосударственного сектора, что свидетельствует о последовательности проводимых в стране экономических реформ, реструктуризации базовых отраслей экономики и улучшении финансово-экономических показателей приватизированных предприятий. По состоянию на 2000 год инвестиции в основной капитал из республиканского бюджета составили 6% общего объема инвестиций, из местного бюджета 3.2%, то есть государственные инвестиции не превысили 9.2%. Негосударственный сектор экономики инвестировал 46.6%, доля инвестиций за счет негосударственных займов, кредитов составила 39.6%.

*Кыргызстан* намеревается освоить к тому же сроку 58 тысяч гектаров орошаемых земель и увеличить уровень сельхозпроизводства на пятнадцать процентов. В национальной стратегии по реабилитации ирригационных систем Кыргызской Республики, разработанной с участием международных специалистов, предложены источники финансирования капитальных вложений в ирригацию и источники финансирования расходов на эксплуатацию ирригационных систем. Согласно стратегии, в период с 2001 по 2020 годы источниками финансирования капитальных вложений в ирригацию должны быть средства государственного бюджета, иностранные инвестиции (кредиты) и средства водопользователей. Расходы государственного бюджета должны составлять в пределах 20% от общих капитальных вложений на ирригацию, а 80% за счет кредитов. При этом 75% кредитов возвращается из государственного бюджета, а 25% - средства водопользователей.

Капиталовложения показаны в тыс. долл. США, в расчете на год в среднем за период 2001-2025 гг.

Таблица 11

Зоны планирования	Реабилитация	Новое строительство	Всего
1. Верховья Нарына.	1576	1562	3138
2. Ср. Теч. Нарына	491	212	703
3. Кампыр-Рават.	402	496	898
4. Чаткал	5,9	142	147,9
5. Северо-Ферган.	2218	1774	3992
6. Южно-Ферганская.	7377	2696	10079
7. Алай.	15.2	212	227,2
Итого в расчете на год, тыс.долл.	12085,1	7094	19179,1
Итого сумма за 2001-2025гг, Млн. долл.	302,1	177,4	479,5

*Таджикистан* также намерен осваивать дополнительные площади. Прибавка составит 377 тысяч гектаров.

На строительство объектов агропромышленного комплекса за счет внутренней инвестиции прогнозируется 21.9 млн. долл., в том числе бюджетных средств – 15.5 млн. долл., ввести в действие основных фондов на 15.7 млн. долл. (к 2005 году).

Укрупненные показатели комплексной реконструкции орошаемых земель в Республике Таджикистан до 2010 г. и объемы работ комплексной реконструкции орошаемых земель по Республике Таджикистан на период 2003 – 2010 гг.

Таблица 12

Зоны планирования	Объем работ, га	Стоимость работ	
		млн. сомони	млн. \$
Хатлонская область	88979	281,1	104,1
Сугдская область	69601	321,9	119,2
РРП	4360	20,8	7,7
Всего по республике	162940	623,8	231,0

*Туркменистан.* Общий объем инвестиций в развитие водохозяйственного комплекса Туркменистана в соответствии с третьим сценарием – «Сценарий восстановления» - составит:

а) до 2005 года:

- Ахалская Зона планирования – 302 млн.долл.;
- Балканская Зона планирования – 63 млн.долл.;
- Дашогузская Зона планирования – 168 млн.долл.;
- Лебапская Зона планирования – 109 млн.долл.;
- Марыйская Зона планирования – 324 млн.долл.;
- Каракум река – 40 млн.долл.;
- Развитие потенциала – 2626 млн.долл.;
- Итого: 3632 млн.долл.

б) 2005-2010 годы:

- Ахалская Зона планирования – 400 млн.долл.;
- Балканская Зона планирования – 139 млн.долл.;
- Дашогузская Зона планирования – 542 млн.долл.;
- Лебапская Зона планирования – 330 млн.долл.;
- Марыйская Зона планирования – 463 млн.долл.;
- Каракум река – 13 млн.долл.;
- Развитие потенциала – 1073 млн.долл.;
- Итого: 2960 млн.долл.

в) 2011 – 2015 годы

- Ахалская Зона планирования – 30 млн.долл.;
- Балканская Зона планирования – 14 млн.долл.;
- Дашогузская Зона планирования – 44 млн.долл.;
- Лебапская Зона планирования – 98 млн.долл.;
- Марыйская Зона планирования – 12 млн.долл.;
- Каракум река – 0 млн.долл.;
- Развитие потенциала – 584 млн.долл.;
- Итого: 782 млн.долл.

г) 2016-2020 годы

- Ахалская Зона планирования – 30 млн.долл.;
- Балканская Зона планирования – 14 млн.долл.;
- Дашогузская Зона планирования – 80 млн.долл.;
- Лебапская Зона планирования – 66 млн.долл.;
- Марыйская Зона планирования – 30 млн.долл.;
- Каракум река – 0 млн.долл.;

- Развитие потенциала – 584 млн.долл.;
- Итого: 804 млн.долл.

д) 2021-2025 годы

- Ахалская Зона планирования – 30 млн. долл.;
- Балканская Зона планирования – 12 млн. долл.;
- Дашогузская Зона планирования – 122 млн. долл.;
- Лебапская Зона планирования – 60 млн. долл.;
- Марыйская Зона планирования – 22 млн. долл.;
- Каракум река – 0 млн. долл.;
- Развитие потенциала – 584 млн. долл.;
- Итого: 830 млн. долл.

Общие инвестиции составят более 9 млрд.долл.

Предполагается, что все затраты, связанные с капитальными вложениями в орошаемом земледелии (освоение земель, комплексная реконструкция, строительство водохозяйственных объектов и т.п.) и эксплуатацией водохозяйственных объектов (кроме внутриводохозяйственной ирригационной сети) будут осуществляться из государственного бюджета.

Расходы на эксплуатацию и содержание внутриводохозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной систем будут осуществляться на первом этапе за счет отчислений 3% стоимости произведенной арендаторами растениеводческой продукции. В дальнейшем, например, при условии создания Ассоциаций водопользователей, эта система может быть пересмотрена.

Будет продолжена практика выполнения работ на водохозяйственных объектах за счет иностранных кредитов.

В *Узбекистане* предполагается довести площадь орошаемых площадей до 4,8 миллиона гектаров, а эффективность водопользования - до 0,88. Для реализации предлагаемой программы мер на предстоящие 10 лет потребуются 2,715 млрд. долларов США, в том числе на 2001-2005 годы 1,197 млрд. долларов и 2006-2010 годы – 1,518 млрд. долларов. В эту сумму включены так же 370 млн. долларов иностранных инвестиций, в том числе на 2001-2005 годы – 120 млн. долларов и 2006-2010 годы – 250 млн. долларов. Остальные средства предусмотрены за счет бюджета.

Подведем итоги. Средне годовые инвестиции не выглядят чрезмерно большими, кроме Туркменистана и Узбекистана.

Таблица 13

Средне годовые инвестиции, млн.\$

Годы	Ю.Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан
2002-2005	178,80	19,1	112,6	726,40	239,4
2005-2010	205,90	19,1	235,8	592,00	303,6
2010-2015	214,70	19,1	150,6	156,40	300,0
2015-2020	217,50	19,1	62,7	160,80	250,0

Общие инвестиции по периодам и за 18 лет составят:

Таблица 14

## Инвестиции за период, млн.\$

Годы	Ю.Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан	БАМ
2002-2005	894	76,4	337,7	3632	1197	6137,09
2005-2010	1029,5	95,5	1178,8	2960	1518	6781,77
2010-2015	1073,5	95,5	753,2	782	1500	4204,17
2015-2020	1087,5	95,5	313,4	804	1250	3550,4
Всего	4084,5	362,9	2583,0	8178	5465	20673,4

Также необходимо отметить, что каждое государство стремится достичь продовольственной безопасности в первые 5-10 лет, планируя максимальные инвестиции этот период.

Но в приведении к ВВП каждого государства мы видим, что для некоторых стран этот процент очень высок, заявленные темпы развития можно считать как нереальные (как впрочем и сам рост ВВП). На сегодняшний день доля инвестиций в сельскохозяйственный сектор колеблется в различных государствах от 1 до 3 % от ВВП

Таблица 15

## Процент инвестиций от ВВП

Годы	Ю.Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан
2002-2005	4,8	1,4	7,1	12,4	1,2
2005-2010	3,4	1,3	8,5	3,6	1,0
2010-2015	2,7	1,0	6,4	1,1	0,7
2015-2020	2,1	0,8	2,8	0,3	0,5

В результате наших расчетов мы пришли к выводу, что объем инвестиций необходимых для запланированного ввода новых земель и реконструкции несколько занижен по национальным видениям. Например, для Кыргызстана на запланированный дополнительный ввод 377 тыс. га инвестиции на один гектар составляют всего 469,9 долл. США хотя на сегодняшний день ввод одного гектара орошения в Кыргызстане оценивается в 6000 тыс долл. США.

По нашим расчетам, с учетом того, что ввод новых земель колеблется от 5 до 9 тыс. \$/га,

Таблица 16

Инвестиции, необходимые для ввода 1 нового гектара орошения, \$/га	Ю.Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан
	5000	6000	9000	7000	6000

Потребуется инвестиций только на ввод новых земель более 10 млрд. \$ за 18-й период плюс реконструкция существующих земель. Потребные инвестиции только ввод новых площадей орошения за 18 лет составят (млн.\$):

Таблица 17

Ю.Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан	БАМ
251,3	336,7	3393,2	3248,8	3309,4	10539,4

Анализ показывает, что предложенные инвестиционные планы реальны только для Казахстана и отчасти для Туркменистана и Узбекистана в том случае если планируемые темпы роста ВВП воплотятся в жизнь.

### 1.3. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ЗОНЫ ПЛАНИРОВАНИЯ

А. Тучин, Е. Коршак

Цель работы - разработка моделей и программного обеспечения для управления распределением водных ресурсов на орошение и рекомендаций по оптимальному развитию Зон планирования в увязке с национальными и межгосударственными приоритетами.

Объектом моделирования является «Государство», где модель «Зона планирования», рассматривается в качестве динамического элемента орошаемого земледелия, через который формируется раздел, обеспечивающий развитие сельскохозяйственного производства. Каждая Зона планирования строго принадлежит определенному Государству. Государство, как главный менеджер, управляет развитием Зон планирования через механизмы распределения финансовых и водных ресурсов. Обратное влияние Зоны планирования на Государство, проявляется через объемы сельскохозяйственной продукции, социальные и экологические условия населения, проживающего в сельской местности. Следует сразу отметить, что совокупность всех Зон планирования, каждого Государства, не полностью покрывают так называемую «потребительскую корзину», которая дополнительно включает продукты богары и импорта. Кроме этого, моделируемый чистый доход Зоны планирования, является лишь частью национального дохода, получаемого с рассматриваемой территории, поскольку в нем не участвует доля промышленности и обслуживания. Не смотря на отмеченные ограничения, исследования развития совокупности Зон планирования, как части Государства, сохраняют свою важность, и как по причинам выбора оптимального распределения инвестиций в сельское хозяйство, так и по причинам оценки изменений экологических параметров Региона в целом.

#### Постановка задачи

Сформулируем поставленную задачу целиком. Для этого, каждое Государство - участник бассейна Аральского моря, определим как множество  $\{J\}$  - Зон планирования. Выберем также горизонт моделирования  $\{T\}$ ,  $\{T\} \equiv \{2001, 2002, \dots, T-1, T\}$ , здесь минимальной временной единицей служит один год. Каждая Зона планирования формализуется в виде конечного автомата четверкой векторов,  $[Y(t), X(t), Z(t), Z(t-1)]_j$ , Которую следует понимать как: Зона планирования “j”, находящаяся в момент времени “t” в состоянии  $Z_j(t-1)$  реагирует на входной сигнал  $X_j(t)$ , выходным сигналом  $Y_j(t)$ , и переходит в новое состояние  $Z_j(t)$ . Входной сигнал  $X_j(t)$  имеет трех компонентную структуру (

$\lambda, W, C)_j$ , где:  $\lambda$  – значимость “j”-ой Зоны планирования в Государстве ( $\lambda \in [0;9]$ , вариант  $\lambda_j = 1, \forall j \in \{J\}$  – означает равноправие всех Зон планирования),  $W$  – водные ресурсы для Зоны планирования (структура  $W$  – рассматривается в следующем разделе),  $C$  – инвестиции в Зону планирования. Выходной сигнал  $Y_j(t)$  – имеет четырех компонентную структуру  $(V, W, \aleph, p)_j$ , где:  $V$  – объемы сельскохозяйственной продукции в разрезе выращиваемых культур,  $W$  – возвратный сток, размерность  $|W|$  определяется как:  $2 \times K_j$ ,  $K_j$  – количество коллекторов, уходящих из “j”-ой Зоны планирования,  $\aleph$  – чистый доход от сельскохозяйственного производства,  $p$  – показатели эффективности использования воды и орошаемых площадей. Параметры “ $\lambda_j$ ” – задаются пользователем в процессе исследований. Параметры  $V_j, W_j$  и  $\aleph_j$  – вычисляются для каждой Зоны планирования, в соответствие с принятой моделью. Кроме этого в качестве обязательных неравенств на уровне Государства должны выполняться ограничения на объемы инвестиций и минимальные объемы выращиваемой сельскохозяйственной продукции:

$$\sum_{j \in \{J\}} C_j(t) \leq C(t); \forall t \in \{T\}$$

$$\sum_{j \in \{J\}} V_j^r(t) \geq V^r(t); \forall t \in \{T\}; r \in \{R\}$$

В рамках Государства динамика развития совокупности Зон планирования под воздействием инвестиций, выполняется на фоне текущего состояния трансграничных и местных водных ресурсов, которые вычисляются совместно с моделью «Река».

С точки зрения модели «Река», модель «Зона планирования» рассматривается как точка, наделенная определенными свойствами по потреблению и трансформации водных ресурсов, в результате чего выдается некая величина, определяемая как потенциально возможный национальный доход, полученный за один год, относительная продуктивность единицы водных ресурсов и некоторый объем возвратного стока с измененным качеством. Для модели «Река» существуют только трансграничные ресурсы, поэтому любое перемещение водных ресурсов на уровне модели «Река» рассматривается как трансграничное. Взаимодействие моделей **«Река»**  $\Leftrightarrow$  **«Зона планирования»** осуществляется итеративно через базу данных, по следующим переменным: Пусть  $\{T\}$  – временной ряд моделирования, состоящий из водохозяйственных лет “ $t$ ”, разделенных на два периода  $v \in \{\text{«не вегетация»}, \text{«вегетация»}\}$ , т.е.  $\cup_v t^v = t, \forall t \in \{T\}$ ,  $\{J\}$  – множество всех вершин в модели «Река», а  $\{J^P\}$  – подмножество вершин, соответствующих Зонам планирования ( $\{J^P\} \subset \{J\}$ ). Следует отметить, что множество  $\{J^P\}$ , в модели «Река», содержит Зоны планирования принадлежащие разным Государствам, следовательно, прямое суммирование чистых доходов по всему  $\{J^P\}$  невозможно, поэтому, представим его в виде  $\{J^P\} = \cup_g \{J^P\}_g$ , где “ $g$ ” – индекс Государства. Каждая вершина из  $\{J^P\}$ , в результате первой итерации модели «Зона планирования», содержит заявку на водный ресурс  $[w_j^0(t^v)]$  и величину ожидаемого дохода  $\aleph_j^0(t), \forall j \in \{J^P\}, t \in \{T\}$ . Модель «Река», в соответствие с заявками и фактическим наличием водных ресурсов, выполняет распределение воды исходя из неравенств:

$$\sum_{k \in \{J^J\}} w_{k,j}(t^v) = w_j^t(t^v) \leq w_j^0(t^v); \forall j \in \{J^P\}, t \in \{T\}$$

Минерализация воды, поступающей в модель **«Зона планирования»** определяется, как средневзвешенная по составляющим.

$$s_j^v(t^v) = \left[ \sum_{k \in \{J^j\}} s_k(t^v) \times w_{k,j}(t^v) \right] / w_j^t(t^v); \forall j \in \{J^P\}, t \in \{T\}$$

здесь:  $w_j^t(t^v)$  – объем трансграничных водных ресурсов, получаемых Зоной планирования,  $\{J^j\}$ - множество водных объектов модели «Река», подающих воду в Зону планирования с индексом “j”,  $\{J^j\} \subset \{J\} \setminus \{J^P\}$ . Обратное взаимодействие модель «Зона планирования»  $\Rightarrow$  модель «Река», происходит через объемы возвратного стока, сформированного в Зоне планирования, по фактическому гидрографу трансграничных водных ресурсов, влияние возвратного стока на водные объекты модели «Река», вычисляется с циклической перестановкой  $\{J^P\}$  и  $\{J^j\}$ . Это преобразование является общим для обеих моделей на каждой итерации.

Формальное описание *состояния ЗП “Z(t)”* основывается на представлении ее в виде однородной, в статистическом смысле, поверхности и описывается следующими параметрами:

- площадь поверхности ЗП “H(t)”
- бонитет “b(t)”
- степень засоленности “ξs(t)”
- распределение всех культур “ξr(t)”
- обобщенный КПД ирригационных систем “η(t)”
- обобщенный дренажный модуль “d(t)”.

*Состояние ЗП “Z(t)”* определяется структурой, состоящей из 4 скалярных и 2 векторных функций распределения. Каждая функция задается дискретно, с помощью векторов, отражающих распределение значений соответствующего параметра по площади орошения ЗП.

Каждая функция распределения задается дискретно, с помощью векторов, отражающих, распределение значений соответствующего параметра, по площади орошения Зоны планирования. Компоненты этих функций подчиняются условиям нормировки:

$$\sum_H \xi_H^s(t) \equiv \sum_H \xi_H^r(t) \equiv 1, \forall t \in \{T\};$$

*Траектория ЗП* – изменение структуры “Z(t)” во времени. Размерность векторных функций  $\xi s(t)$ ,  $\xi r(t)$  определяется базой данных, используемой при моделировании, в частности, если опираться на базу данных “WARMIS”, то вектор {s} имеет 5 компонент, а вектор {r}, согласно базе данных ASB mm, имеет 13 компонент (12 с/х культур + пустая площадь).

Главный экономический показатель Зоны планирования составляет валовой продукт, получаемый как суммарный годовой доход, получаемый от каждой сельскохозяйственной культуры, с учетом дополнительной стоимости от переработки ее во вторичную продукцию. Пусть  $\{R\}$  – множество сельскохозяйственных культур в Зоне планирования, а  $\{R2_r\}$  – множество видов вторичной продукции от культуры “r”, имеющие коэффициенты выхода  $\alpha_{r,k}$ , и стоимость  $p_{r,k}$ ,  $r \in \{R\}$ ,  $k \in \{R2_r\}$ , тогда фактическая стоимость единицы культуры r, определяется как:

$$P_r = p_r + \sum_{k \in \{R2_r\}} \alpha_{r,k} \times p_{r,k}, \forall r \in \{R\};$$

Где:  $p_r$  – стоимость единицы основной культуры “r”.

Введем вектор  $\xi^r(H)$  размерности  $|R|$ , отражающий распределение сельскохозяйственных культур по орошаемой территории, в рассматриваемой Зоне планирования. Компоненты этого вектора  $\xi^r$ , определяются соотношениями:

$$\xi^r = H_r / H; \quad \forall r \in \{R\} \quad ;$$

Где:  $H_r$  – площадь, занятая культурой “ $r$ ”.

Учитывая что, распределение всех культур задается вектором  $\xi^r$ , получим выражение годового дохода Зоны планирования:

$$D = H \times \sum_{r \in \{R\}} P_r \times \xi_r \times y_r \quad ;$$

Здесь потенциальная урожайность как функция стрессов

$$y_r(c_r, s, \Delta w, b) = b \cdot y_r(c_r) \cdot f^{r,w}(\Delta w) \cdot f^{r,s}(s)$$

Фактический объем  $y_r$ ,  $r$ -ой культуры с одного гектара площади, зависит, как от средств выделяемых Зоне планирования на выращивание конкретных сельскохозяйственных культур, так и от реально складывающейся водохозяйственной обстановки в конкретной Зоне орошения. Пусть Зоне планирования на ежегодное выращивание сельскохозяйственных культур выделяются средства в объеме  $c_r$ , (\$/ha) которые регламентируют получение с одного гектара занятой площади некоторого объема  $y_r(c_r)$ ,  $r$ -ой культуры. Общие сельскохозяйственные затраты Зоны планирования будут:

$$C^R = H \times \sum_{r \in \{R\}} c_r \times \xi_r$$

Помимо с/х затрат ЗП должна оплачивать водные ресурсы, потребляемые при выращивании с/х культур. Водные ресурсы в ЗП формируются из трех составляющих:

- 1) поверхностный приток из местных источников (неуправл.),
- 2) осадки (неуправл.),
- 3) поверхностный приток из трансграничных источников.

Для исследования процессов функционирования **ЗП** в многолетнем разрезе введем фактор времени “ $t$ ”,  $t \in \{T\}$ , и рассмотрим изменения в технологическом комплексе оросительных и коллекторно-дренажных систем под воздействием инвестиций. Ограничимся мероприятиями, время осуществления которых заведомо меньше времени исследуемого периода  $\{T\}$ . В этом случае, любые инвестиции в реконструкцию и развитие элементов ЗП, можно трансформировать в так называемые приведенные затраты, которые отражают фактическую нагрузку на формирование чистого дохода и будут использоваться для определения суммарных затрат в многолетнем разрезе.

**Суммарные затраты** складываются из эксплуатационных затрат и дополнительных затрат, обусловленных возвратом инвестиций, вложенных в технологический комплекс (оросительные и дренажные системы) и (переспециализация сельскохозяйственных культур) в некоторый момент времени “ $t$ ”. Запись **ежегодных эксплуатационных затрат** в виде функции от инвестиций обусловлена тем, что повышение состояния технического уровня оросительных и коллекторно-дренажных систем приводит к измене-

нию и эксплуатационных затрат  $C$ , тогда как переспециализация с/х культур в технологическом комплексе – нет.

В свою очередь, изменение стоимости технологического комплекса не влияет на структуру затрат, требуемых для выращивания и переработки с/х продукции, а переспециализация изменяет “ $c_r$ ”. Выполняя нормирование по площади соответствующего показателя и складывая с его годовым значениям, получим:

$$\begin{aligned}c_{\eta}^{s*}(t) &= c_{\eta}^s + [k_{\eta}(t) \times C_{\eta}^0 + C_{\eta}(C_{\eta}^0)] / H(t), \\c_d^{s*}(t) &= c_d^s + [k_d(t) \times C_d^0 + C_d(C_d^0)] / H(t), \\c_r^*(t) &= [k_r(t) \times C_r^0 + C_r(C_r^0)] / H_r(t),\end{aligned}$$

где:  $C_r^0$ ,  $C_{\eta}^0$ ,  $C_d^0$  – инвестиции в реконструкцию и развитие оросительных систем, коллекторно-дренажных систем и переспециализацию сельскохозяйственных культур, соответственно.

**Чистый доход** Зоны планирования определяется как разница между общим доходом от сельскохозяйственного производства и затратами на его получение:

$$N = H \times \left[ \sum_{r \in \{R\}} \xi_r \times (P_r \times y_r - c_r) - c^{\eta} - c^d \right] - W^{lc} \times p^{w,lc} - W^{tr} \times p^{w,tr};$$

- $N$  – чистый годовой доход (\$);  
 $H$  – площадь Зоны планирования (ha);  
 $P_r$  – стоимость единицы культуры “ $r$ ”, с учетом вторичной продукции (\$/tn);  
 $y_r$  – фактическая урожайность “ $r$ ”- ой культуры (tn/ha);  
 $W^{w,lc}$ ,  $W^{w,tr}$  – объемы местных и трансграничных водных ресурсов (м3);  
 $p^{w,lc}$ ,  $p^{w,tr}$  – средневзвешенные цены единицы местных и трансграничных водных ресурсов для ЗП (\$/м3);  
 Удельные затраты:  
 $c_r$  – на выращивание сельскохозяйственной культуры (\$/ha);  
 $c_{\eta}$  – на поддержание функционирования систем орошения (\$);  
 $c_d$  – на поддержание функционирования дренажных систем (\$);

При исследованиях функционирования Зоны планирования в многолетнем разрезе, кроме вышеперечисленных статей затрат, возникает составляющая, обусловленная колебаниями общей площади Зоны планирования, как в связи с возможным развитием площадей орошения, так в связи с выводом части площадей из сельскохозяйственного производства. Обозначая через  $c^H$  – комплексную стоимость развития одного гектара новых площадей, а через  $\Delta H^{\pm}(t)$  изменение площади орошения на интервале времени  $\{t-1; t\}$ , здесь знак “+” подразумевает развитие площади орошения, а знак “-” вывод из производственной деятельности, тогда выражение для чистого дохода Зоны планирования в многолетнем разрезе можно записать в виде:

$$\mathfrak{N}(t) = N(t) - c^H \times \Delta H^+(t) - (\Delta H^-(t) - \Delta H^+(t)) \times c^c;$$

Здесь  $c^c$  – удельные социальные затраты обусловленные компенсациями вследствие разницы в стоимости рабочих мест в селе и в городе,  $t \in \{T\}$  – исследуемый период времени,  $N(t)$  – выражения определяемые формулой чистого дохода с заменой простых затрат их приведенными аналогами.

Исследования развития совокупности ЗП, в модели «Государство», требует разработки определенного интерфейса, позволяющие корректировать параметры и характеристики Зон планирования, изменять связи между ними, а также анализировать результаты моделирования. Интерфейс должен давать широкий спектр корректировок элементов инфраструктуры, каждой Зоны планирования. Гибкость интерфейса вызвана гибкостью самой модели, в которой будут рассчитываться различные варианты распределения водных ресурсов.

Разрабатываемый интерфейс для модели управления водными ресурсами позволит выполнять исследования по оптимальному использованию водно-земельных ресурсов в бассейне Аральского моря на основе модели «Государство», в удобном для пользователя виде. Результаты исследований будут представлены в виде различного рода графиков и диаграмм, полученных на выходе модели. Таким образом, возрастет эффективность оценки результатов моделирования, а значит точность и достоверность выдаваемых рекомендаций.

Проводится тестирование форм интерфейса, ведется пошаговая отладка программы, корректируются параметры системы.

На основе модели Зоны планирования моделируются Зоны планирования в разрезе Государства. Задача решается в среде GAMS.

## **РАЗДЕЛ II. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКАХ**

### **2.1. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ СТОКА РЕК БАСЕЙНОВ СЫРДАРЬИ И АМУДАРЬИ НА БЛИЖАЙШУЮ И ОТДАЛЕННУЮ ПЕРСПЕКТИВЫ С УЧЕТОМ УВЯЗКИ ПОТРЕБНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

А.Г. Сорокин

#### **1. Введение**

Цель работы: разработка рекомендаций по рациональному использованию трансграничного стока в бассейне Аральского моря, при переходе на многолетнее регулирование, с учетом изменения климата и требований на воду.

Были выполнены следующие работы:

- Разработана система показатели и критерии справедливого распределения водных ресурсов в бассейнах рек Сырдарья и Амударья, показателей и критериев рационального управления водными ресурсами в бассейнах рек, предполагающего аккумулярование, регулирование и распределение стока в интересах и увязке всех отраслей, включая комплексные гидроузлы и их каскады, в многолетнем разрезе.
- Выполнена предварительная оценка возможных вариантов управления водными ресурсами трансграничных рек на перспективу, при этом согласованы расчетные варианты развития стран ЦА на ближайшую и отдаленную перспективу, на основе которых будут проводиться дальнейшие исследования и разрабатываться предложения.
- Разработаны предложения по достижению консенсуса между энергетикой и орошаемым земледелием в части режимов работы комплексных гидроузлов. Консенсус может быть достигнут только на основе согласованной водохозяйственной стратегии и тактики, предполагающей для региона совместные ориентиры, задачи, обязательства и механизмы их выполнения.
- Введены соответствующие изменения в модель ASB-ММ - в блок информационного обмена между моделями СЭМ и ГМ, позволяющие осуществлять импорт и экспорт новых вариантов расчетной информации по водопотреблению, откорректирован блок ввода и обработки данных ГМ и модуль формирования расчетной информации ГМ.

#### **2. Система показателей и критериев справедливого распределения водных ресурсов бассейнов рек Сырдарья и Амударья**

Трудности формирования показателей и критериев распределения водных ресурсами в бассейне Аральского моря во многом связаны с особенностями водохозяйственного комплекса региона - сложной иерархической структурой, многообразием функций (многолетнее, внутригодовое, оперативное управление), многоотраслевым характером

водопользования (орошаемое земледелие, гидроэнергетика и др.), противоречивостью требований к водным ресурсам (по качеству, количеству, режиму), недостаточностью и неопределенностью исходной информации.

При разработке показателей и критериев вододеления необходимо четко различать уровни управления: бассейновый (межнациональный), национальный, крупных каналов, оросительных систем, АВП и др. Чем выше уровень управления, тем больше ограничений и интересов должно быть соблюдено - национальных, региональных, тем эффективнее применение интегрированных подходов, принципов интеграции, тем необходимее учет дефицитности ресурсов.

На национальном уровне ищут пути сочетания критериев рыночной экономики, экономического регулирования и контроля государством, в основном, в части социально-политических и экологических интересов, выделяя макро и микро уровни управления. “Макроуправление” предполагает выход на категории макроэкономики (формирование национального дохода и валового национального продукта государств), “микроуправление” – на такие категории, как чистый доход, прибыль отдельных производителей, потребляющих воду.

Как показывает практика, на межгосударственном уровне, такие известные принципы, как, принцип “равного” (справедливого, разумного) использования водных ресурсов, принцип “не навреди”, принцип сохранения “status quo” могут находиться в противоречии друг к другу. Совместить эти принципы можно только на основе консенсуса, предполагающего некоторые правила, общие ориентиры и принципы (выделение экологического объема водных ресурсов, лимитирование, согласование норм водопотребления, возможно, разные подходы к использованию трансграничного и местного стока).

В качестве одного из основных можно рекомендовать критерий равного для государств водопотребления на 1 гектар орошаемых земель. Для двух государств  $i$  и  $i+1$  данный критерий можно записать следующим образом

$$\{W/F\}_i - \{W/F\}_{i+1} = 0 \quad (1)$$

где:  $W$  – объем используемой воды (тыс.м<sup>3</sup>),  $F$  – площадь орошаемых земель (га).

Аналогично можно записать критерий равного водопотребления на душу населения, используя показатель  $\{W/P\}$ , где  $P$  – численность населения (чел). Соотношение между площадью орошаемого земледелия и численностью населения можно выразить показателем удельной площади орошения на душу населения  $\{F/P\}$ .

Исходя из жестких норм водопользования для бассейна установить минимальный предел показателя  $\{F/P\}=1.0...1.5$  тыс.м<sup>3</sup>/чел в год. Тоже в отношении удельного водопотребления на 1 га  $\{W/F\}=7.5...8.0$  тыс.м<sup>3</sup>/га в год. Данные уровни можно достичь по осредненным для государств показателям только в будущем (по предварительным оценкам после 2025 года). Сегодня же показатель  $\{W/P\}$  для государств бассейна изменяется от 1.6 тыс.м<sup>3</sup>/чел в год (Таджикистан) до 5.0 тыс.м<sup>3</sup>/чел в год (Туркменистан), показатель  $\{W/F\}$  от 11 тыс.м<sup>3</sup>/га в год (Кыргызстан) до 14.5 тыс.м<sup>3</sup>/га в год (Таджикистан). Удельная площадь  $\{F/P\}$  изменяется от 0.1 га/чел (Таджикистан) до 0.4 га/чел (Туркменистан). Если сравнивать распределение водных ресурсов между государствами, рассчитанное по критериям равного водопотребления, то критерий, основанный на показателе  $\{W/F\}$  более предпочтителен для Туркменистана и Казахстана, а на основе  $\{W/P\}$  – для Кыргызстана, Таджикистана и Узбекистана, поскольку в этом случае они получают большую долю.

Рассмотренные критерии имеют свои достоинства и недостатки. Они просты и

понятны, но в силу своей простой структуры могут отражать интересы только некоторых (определенных) водопотребителей. Ограниченность данных критериев диктует необходимость использования комплексных критериев, включающих производственные и экономические оценки, учитывающих природные условия.

Из экономических критериев равного водопотребления можно выделить критерии, основанные на показателях: удельного водопотребления на единицу производимой продукции (в орошаемом земледелии); удельной вододачи на единицу GDP, GNP, NNP, формируемых отраслями, связанными с потреблением воды. Здесь GDP – валовый внутренний продукт, GNP – валовый национальный продукт, NNP – чистый национальный продукт (национальный доход).

Эффективность использования водно-земельных ресурсов можно выразить: продуктивностью воды (удельной стоимостью продукции орошаемого земледелия на единицу используемой воды); продуктивностью орошаемых земель (удельной стоимостью продукции орошаемого земледелия на гектар орошаемых земель); чистым доходом в орошаемом земледелии, отнесенном или на 1 м<sup>3</sup> используемой воды или 1 га орошаемой площади и др.

Одним из комплексных экономических показателей, отражающим результаты общественного производства, можно признать национальный доход  $i$  – го государства, отнесенный на душу населения  $\{NNP/P\}_i$ . Тождество данных показателей между государствами может говорить о некотором равенстве их экономических потенциалов.

Если рассматривать часть дохода, формируемого водным фактором, то данный критерий можно использовать для выравнивания водохозяйственных потенциалов государств. Для двух государств  $i$  и  $(i+1)$  условие выравнивания может быть записано для одного года аналогично выражению (1.1) или в динамике от  $j$  до  $(j+1)$  года:

$$\{NNP_{j+1}/P_{j+1} - NNP_j/P_j\}_i - \{NNP_{j+1}/P_{j+1} - NNP_j/P_j\}_{i+1} = 0 \quad (2)$$

Если за исходную (стартовую) точку взять существующий жизненный уровень в каждом государстве, то “справедливое вододеление” должно гарантировать: или поддержание жизненного уровня людей в каждом государстве на существующем уровне или его справедливый (пропорциональный, равный) рост в каждом государстве или справедливое снижение.

Могут быть предложены различные “показатели справедливого вододеления”, скажем, часть национального дохода, формируемого водным фактором, на душу населения. Здесь мы исходим из допущения, что изменение (рост, падение) жизненного уровня можно отождествить с изменением экономического роста. Национальный доход (National Income), формируемый водным фактором,  $NI_w$  – это вновь созданная за год в отраслях материального производства, потребляющих воду, стоимость – база для дальнейшего воспроизводства и роста материального благосостояния людей. Национальный доход (как производственный) может быть получен как сумма чистой продукции отраслей материального производства, потребляющих воду (валовая продукция минус затраты производства). В условиях полного перехода на рыночные отношения (отсутствии государственного заказа, платное водопользование и др.)  $NI_w$  может быть рассчитан следующим образом:

$$NI_w = I - E \pm C_1 \pm C_2 \pm C_3 \quad (3)$$

Где:  $I$  – доход (Incom) государства от продажи воды своим водопользователям (водопотребителям);  $E$  – затраты (Expenses) и стоимость услуг государства по регулированию, распределению и доставке воды водопотребителям;  $C_1$  – стоимость (Cost)

компенсаций за ущербы, вызванные нарушением бытовых режимов рек со стороны данного государства (знак минус) или соседних государств (знак плюс);  $C_2$  - плата за сверхлимитный водозабор из трансграничных рек и сброс коллекторного стока (по количеству и качеству), осуществляемый данным государством (знак минус) или соседними государствами (знак плюс);  $C_3$  - плата за закупку воды от других государств (знак минус) или доход от ее продажи им (знак плюс).

Зависимость (3) содержит набор управляемых переменных и может быть использована при постановке задачи перспективного развития региона, предполагающего тесную взаимозависимость по ресурсам и режимам между государствами.

Рассмотрение  $NI_w$  как материального продукта, идущего на потребление и накопление открывает возможность к дополнительному управлению, включающему планирование капложений для устойчивого роста  $NI_w$ . Социальный эффект можно выразить в виде увеличения доли потребления. Выбор оптимального соотношения между потреблением и накоплением на перспективу (по этапам развития) – одна из задач перспективного планирования.

Каждое государство, использующее трансграничный сток, может повысить показатель  $NI_w$  или понизить. Повышение может произойти за счет более эффективного и экономного использования водных ресурсов (долговременный рост), а может носить временный характер, вследствие, скажем, перебора лимита на водозабор. Повышение может быть связано не с производством, а с более высокими ценами и др. Поэтому, строя стратегию “выравнивая” прежней (существующей) схемы вододеления, мы должны оценивать тенденции изменения  $NI_w$  на устойчивость и не принимать скоропалых и необоснованных решений.

Решение об изменении или сохранении прежней схемы вододеления может быть принято после расчетов по критерию (2) или других соображений, скажем, при стремлении сохранить существующее процентное межгосударственное соотношение  $\{L_{NI}\}_i$  по показателю удельного национального дохода на душу населения  $\{NI_w/P\}_i$ .

Основное ограничение, принимаемое при данном подходе – сохранение на стартовой точке существующего между государствами вододеления (в %), которое в дальнейшем может быть изменено, если будут нарушаться существующие (стартовые) соотношения показателя  $\{NI_w/P\}_i$ . Процентное распределение показателя  $\{NI_w/P\}_i$  и объема водопотребления  $W_i$  по государствам  $i = 1, \dots, 5$  может быть определено:

$$\{L_{NI}\}_i = 100\% \times \{NI_w/P\}_i / \sum_{i=1}^5 \{NI_w/P\}_i \quad (4)$$

$$\{L_w\}_i = 100\% \times W_i / \sum_{i=1}^5 W_i \quad (5)$$

Если соотношение  $\{L_{NI}\}_i$  не устойчиво, то есть отличается на следующем временном шаге от предыдущего, ищутся причины этой неустойчивости (в том числе и со стороны соседних государств) и определяется его характер во времени (например, по периоду оценки 5 лет).

Если найдено обоснование того, что причиной нестабильности является заведомо несправедливое прежнее распределение воды  $\{L_w\}_i$ , оно пересматривается. Определяется дополнительная доля “отстающему” государству, а также соответствующие урезки водозабора из трансграничных источников для остальных государств.

Выравнивание водораспределения по другим показателям, таким как абсолютный прирост национального дохода или темп его роста (приближая их к средним бассейно-

вым значениям), может иметь справедливое возражение у государств, которые используют трансграничный сток более эффективно, чем их соседи.

Если известный принцип “не навреди соседу” будет иметь явное продолжения: “а навредил – плати (компенсируй)”, то вред (отрицательный эффект, ущерб) может выражаться, например, в нарушении выдерживаемого соотношения между теми частями национальных доходов государств, приходящихся на душу населения, которые формируются водным фактором.

Показатели справедливого водodelения не могут рассматриваться в отрыве от показателей эффективного управления водными ресурсами, поскольку само понятие водodelения входит в категорию управления. Показатели эффективности управления водными ресурсами теоретически определены (и в рамках данной темы не рассматриваются), задача состоит в выборе тех показателей, измеряемы и наилучшим образом отражают особенности управления. Необходимо, чтобы сами категории (например, водообеспеченность, равномерность, стабильность водоподачи) были оценены показателями, имеющими (для каждой категории) одинаковую структуру, иначе сравнительная оценка (с предыдущей эффективностью, с нормами, с пилотными объектами и др.) по ним будет не возможна.

### **3. Система показателей оценки регулирования стока комплексными гидроузлами и их каскадами**

Из показателей, оценивающих регулирование стока отдельными комплексными водохранилищными гидроузлами и их каскадами в многолетнем разрезе, следует выделить:

- степень надежности (гарантии) работы гидроузла по заданному режиму регулирования,
- отдачу гидроузла или каскада (гарантированную, минимально-допустимую и др.),
- коэффициенты (регулирования, неравномерности, использования стока и др.),
- характеристики водопотребления и водопользования, соответствующие заданному режиму регулирования гидроузла (каскада) в зоне его влияния за расчетный период (глубину дефицита в орошаемом земледелии, гидроэнергетике и др.),

Режим работы комплексного водохранилищного гидроузла (каскада) ориентируется на удовлетворение нужд водопотребителей и водопользователей. Использование водных ресурсов происходит:

- с изменением их количества, качества и режима (водопотребление в секторах экономики и экосистемах),
- без количественного изменения, но с нарушением естественного режима водотока (водопользование).

Надежность работы гидроузла (каскада) с соблюдением гарантированного режима определяется обеспеченностью (в % или долях единицы). В водохозяйственной практике данная обеспеченность представляется в виде:

- годового объема доставленной потребителю воды, по сравнению с гарантированным объемом (обеспеченность по объему отдачи или водопотребления),
- общей длительности бесперебойных отрезков времени в течение рассматриваемого многолетнего периода по сравнению с общей его длительностью (обеспеченность по времени),

- количества целых лет (сезонов) без перебоев по сравнению с общим числом лет (сезонов) за рассматриваемый многолетний период (обеспеченность по числу бесперебойных лет).

Следует заметить, что выдерживая тот или иной режим работы гидроузла на различных временных участках мы получим различные значения обеспеченности и только для весьма длительных рядов и при большом значении обеспеченности, число бесперебойных лет можно считать достаточно устойчивой величиной.

При расчете отдачи гидроузла следует отличать различные виды этого показателя, относя его к работе водохранилища или ГЭС. Отдачей водохранилища (обеспеченной или гарантированной) будем называть количество воды, получаемое из него за год при заданных обеспеченности и объеме водохранилища. Отдача брутто (или просто отдача) учитывает потери из водохранилища, отдача нетто (или полезная отдача) составляет только водопотребление из водохранилища, а в долях среднегодового стока представляет коэффициент регулирования стока. Несколько отличен от коэффициента регулирования коэффициент использования, представляющий собой отношение разницы между среднегодовым стоком и объемом холостого сброса (сбрасываемого скажем для энергетических целей, но не используемого в орошаемом земледелии или наоборот) к среднегодовому объему.

Имея в виду, что регулирование стока (наполнение, сработка водохранилища) осуществляется как в интересах водопотребителей, так и водопользователей (а между ними необходимо найти консенсус), такие показатели как отдача водохранилища и соответствующие ей коэффициенты можно дифференцировать для сравнения и поиска приемлемых соотношений.

Необходимо различать обеспеченность нормальных отдач и сниженных (с той или иной глубиной). Для орошаемого земледелия очень важно определить допустимость частого, но небольшого (менее 10 %) снижения отдач, а также необходимость высокой обеспеченности сниженных отдач порядка 15-20 %. Обеспеченность сниженных отдач для водоснабжения (5-10%) должна быть практически бесперебойной. Требования к питьевому водоснабжению должны носить приоритетный характер и не должны оцениваться только экономически (особенно последствия от недодачи воды), поскольку носят социальный характер.

Коэффициенты неравномерности – показатели, представляющие собой отношения максимальных значений характеристики к ее среднему значению за выбранный период. Так например, коэффициент месячной неравномерности попусков из водохранилища в вегетацию (межвегетацию) это – отношение максимального попуска за месяц к среднему за все месяцы многолетнего периода.

Если же в качестве средней характеристики принять не зарегулированный сток, а естественный (бытовой) - по притоку в водохранилище, то данный коэффициент месячной неравномерности будет характеризовать степень искажения бытового стока водохранилищем.

Интегрированное управление водой и энергией, как правило, направлено на решение многокритериальной задачи. В управлении ирригационно-энергетическими режимами комплексных гидроузлов встречаются элементы взаимного исключения, когда одна цель противоречит или может быть достигнута за счет другой, то есть существует проблема неопределенности цели, характерная для объектов многоцелевого назначения.

Наиболее распространенным способом сведения многокритериальной задачи к однокритериальной является представление цели в виде максимума (или минимума) некоторой суммы показателей, имеющих свои оценки значимости. При этом, формули-

ровка задачи как экономико-математической, требует представления результата от регулирования на основе экономической оценки отдельно водных и отдельно - энергетических ресурсов.

Интегрированное управление комплексными гидроузлами и их каскадами нацеленное на конкретного пользователя, сектор экономики, ВХК, государство, бассейн в целом, основывается на наборе показателей и критериев управления, которые должны помочь ответить на вопросы: как лучше - эффективнее, разумнее, справедливее, использовать воду, какие негативные последствия в секторах экономики от управления можно предупредить, как избежать конфликта между потребителями, как сберечь экосистемы для будущих поколений.

Можно предложить широкий спектр показателей и критериев, главное - выбрать те, которые соответствуют существующим задачам и устремлениям в будущее, через которые можно выразить интересы всех производителей, поставщиков и потребителей (пользователей), участвующих в водно-топливно-энергетическом обмене и взаиморасчетах между государствами, оценить последствия от регулирования стока и главное – найти компромисс.

При этом важно учитывать следующие показатели:

- Цену регулирования комплексным водохранилищным гидроузлом (для каждого в каскаде), учитывающую эксплуатационные затраты, “упущенную выгоду” гидроэнергетического сектора и временной фактор (цена зимней электроэнергии выше, чем летней),
- Объем накопленного водного ресурса за который должны платить по цене регулирования соседние государства, расположенные ниже гидроузла по течению реки (в абсолютных или относительных величинах).

#### **4. Предварительная оценка вариантов управления водными ресурсами рек Сырдарья и Амударья на перспективу**

Приведем результаты предварительных численных экспериментов – перспективная (до 2020 года) оценка на моделях речного притока в Приаралье.

Расчеты проводились по трем вариантам использования стока в бассейне:

- Варианту 1 - основанному на национальных стратегиях развития государств,
- Варианту 2 – оптимистичному,
- Варианту 3 - в предположении сохранения современного уровня водопотребления.

Расчеты показали, что разница между “оптимистичным” и “национальным” вариантами по среднемноголетнему притоку за 20 лет – около 11 км<sup>3</sup> воды в год, - это та прибавка природному комплексу, которая может быть освобождена из потенциальных водных ресурсов за счет более эффективного управления требованиями на воду (водосбережение, рост продуктивности земель) и распределения воды (снижение потерь и др.). Если “спроектировать” существующие режимы на будущее и проследить приток в Приаралье в динамике за 20 лет, по месяцам, можно отметить значительные колебания объемов внутри года. Однако, за счет более рационального управления водохранилищами (это относится, прежде всего, к бассейну Сырдарьи), по сравнению с существующим, максимальные пики можно сгладить (это дополнительные потери и сбросы), так же как повысить минимальные, доведя их до санитарных.

Наблюдается значительный рост объемов по оптимистичному сценарию за последние 5-7 лет расчетного периода.

В ‘национальном’ варианте частота нулевых расходов значительно выше, чем при ‘оптимистичном’ варианте. Исследования показали, что за счет более рационального

управления водохранилищами данные колебания можно сгладить. Однако, для этого необходимо (особо для бассейна Сырдарьи) работать в режимах МКВК, прежде всего, по Токтогульскому гидроузлу. Данные действия, хотя и не увеличат значительно общий приток за многолетие в Приаралье, но снизят потери, а также снизят возможные дефициты по водозаборам (орошение, экологические нужды дельты и др.).

Таблица 1

Прогнозируемые данные по водозабору из рек Амударья и Сырдарья (км<sup>3</sup>)

Вариант	Год	Южный Казахстан	Кыргыз-стан	Таджи-кистан	Туркме-нистан	Узбе-кистан	Итого
1	2020	11.20	1.65	10.80	24.80	56.40	104.85
2	2020	8.15	0.45	5.95	18.25	31.70	64.50

В качестве аналогов на перспективу приняты фактические водохозяйственные (апрель-март) гидрографы за 1981/1982 – 2000/2001 годы. Водные ресурсы суммировались по следующим источникам.

*Бассейн Сырдарьи:* (1) Река Нарын – суммарный приток к Токтогульскому водохранилищу, (2) Река Карадарья – суммарный приток к Андижанскому водохранилищу, (3) Боковая приточность к рекам Нарын и Карадарья, (4) Боковая приточность к реке Сырдарья (исключая реку Чирчик), (5) Река Чирчик – суммарный приток к Чарвакскому водохранилищу, (6) Река Арысь.

*Бассейн Амударьи:* (1) Река Вахш – суммарный приток к Нурекскому водохранилищу, (2) Боковая приточность к реке Вахш, (3) Река Пяндж, (4) Боковой приток к Амударье – реки Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад, Кундуз.

Прогнозируемый приток за 2000...2020 годы по рекам в Приаралье для трех вариантов приводится в таблице 2.

Таблица 2

Средний многолетний сток по рекам Амударья (Саманбай) и Сырдарья (Казалинск), км<sup>3</sup>/год. Прогноз на 2000...2020 годы.  
Расчеты на гидрологической модели комплекса ASB-ММ

Варианты (сценарии)	Амударья	Сырдарья	Всего
1. Национальное видение	5.2	3.1	8.3
2. Оптимистичный	12.5	7.1	19.6
3. Сохранение существующего водопотребления	7.2	4.3	11.5

## 5. Предложения по достижению консенсуса “энергетика-орошение” при управлении водными и энергетическими ресурсами бассейнов рек

Одно из важных направлений исследований – поиск рациональных (оптимальных) ирригационно-энергетических режимов работы каскадов водохранилищ, анализ энергетических режимов (с обеспечением прежде всего их требований), ирригационных режимов, с вводом имитационных и оптимизационных процедур, с существующим

и перспективным составом сооружений (Камбарата, ирригационные компенсаторы), с разделением полномочий при управлении водой и энергией, поиск путей достижения водно-энергетического консенсуса.

Консенсус может выражаться в наборе необходимых приоритетов, целей, ограничений, методов управления и средств, оформленных юридически, с разделением четких полномочий в управлении между странами и отраслями, обозначенных во времени и выраженных в конкретных цифрах режимов управления (вода, электроэнергия).

Основные приоритеты можно сформулировать следующим образом:

- Устойчивое развитие каждой страны и региона в целом,
- Региональная кооперация (предполагающая создание благоприятных условий для функционирования ВХК и их развития – внутренний рынок, с оптимальными ценами на ресурсы и услуги, общие обязательства, гарантии, согласование объемов экспорта ресурсов за пределы региона и др.).

Данные ориентиры являются важными условиями при которых вероятность конфликтов (противоречий) может быть сведена к минимуму и наиболее быстро может быть создана благоприятная среда для создания водно-энергетического консенсуса.

Следующее условие достижения консенсуса: “вода” и “энергия” должны быть разделены, например, такие функции, как экспорт (импорт) электроэнергии и топлива не должен на прямую зависеть от служб, регулирующих водные ресурсы, а должен быть направлен (при соблюдении определенных гарантий и в рамках определенных правил внутреннего рынка) на получение максимальной выгоды для партнеров. Противоречия между “водой” и “энергией” при совместном их использовании не только приводят к низкой эффективности функционирования ВХК и отдельных комплексных гидроузлов, их не оперативности, но главное - не позволяют найти эффективные способы заинтересовать каждого участника – производителя, поставщика, потребителя (пользователя).

При ориентации каждой страны на устойчивое развитие всего региона, кооперацию, можно очертить во времени ряд ограничений и целей, которые необходимо строго выполнять в стратегическом плане, имея в тоже время некоторую свободу в тактических действиях.

Стратегическое планирование должно уточнить параметры вариантов развития стран - прежде всего, требования на воду, в увязке национальных предложений и региональных ограничений (экологических, технических и др.). Для комплексных водохранилищных гидроузлов и их каскадов это может выражаться в максимальных и минимальных объемах попусков, сработки и наполнения, имеющих колебания по водности и периодам развития.

В этом плане нами разработаны бассейновые модели многолетнего регулирования стока, имеющие взаимосвязь речной сети (с расположенными на них комплексными гидроузлами) с зонами планирования, которые мы рассматриваем как инструменты показа возможных альтернатив, прежде всего, для очертания области поиска компромисса (консенсуса).

Так, например, построен диапазон возможных дефицитов воды и электроэнергии при оптимальных “энергетических” и “ирригационных” режимах – максимум, что смогут получить страны при игнорировании интересов соседей. Найден оптимальный ирригационно-энергетический режим, несколько отличный от фиксированных попусков, определяемых соглашением (что показывает на возможность уточнения попусков и совершенствования существующего соглашения). Определены требования и условия эффективной работы перспективного комплекса (Камбарата и др.). Рассмотрен возможный вариант увеличения требований гидроэнергетического сектора (продажа части

зимней электроэнергии вырабатываемой на Нарынском каскаде России). В этом случае рекомендуемый ирригационно-энергетический режим несколько ухудшится – увеличатся зимние попуски, потери, а также вегетационные дефициты в орошении.

Тактическое управление предполагает, прежде всего, регулирование стока внутригодовое (по сезонам, месяцам, оперативное управление по декадам), с максимальным периодом два года, имеющее стратегические ограничения, а также особенности и требования текущего периода (года, сезона и т.д.). Тактика может выражаться в уточнении требований (скажем урезке лимитов на основании гидрологических прогнозов), договоре о заблаговременном дополнительном (выше установленного ограничениями) аккумулировании части зимнего стока в водохранилищах, с оговоркой цены регулирования и продажи данного объема в будущую вегетацию (по заявке ирригационных потребителей), в оперативных действиях по поставкам электроэнергии и топлива, включая варианты эффективной компенсации (оптимизация потоков, выбор источников и поставщиков). Для этого могут быть использованы оперативные модели внутри годового управления.

Разработанный в НИЦ МКВК комплекс перспективных и оперативных моделей снабжен системой критериев (целевых функций), индикаторов и показателей. В части решения ирригационно-энергетической задачи используются имитационные и оптимизационные процедуры.

Анализ практических приемов (фиксированные правила, ирригационный и энергетические режимы), научных методов (исследование операций, игровые модели) позволяет дать некоторые рекомендации для нашего региона, как можно наиболее эффективно решить ирригационно-энергетическую задачу, это: (1) свести цели к одному критерию (ирригационному, энергетическому) и ограничениям, (2) составить обобщенный показатель с помощью весовых коэффициентов, определяемых экспертами, (3) объединить экономические показатели в интегральный критерий (доходы минус затраты минус ущерб), (4) применить метод последовательных уступок в достижении компромисса, (5) определить область эффективных решений и достигать компромисса по шагам, применяя принцип Парето и компенсации (любое изменение режима, которое никому не причиняет убытков, а приносит хоть одному водопользователю пользу, является улучшением режима).

Наиболее распространенными методами сведения многокритериальной ирригационно-энергетической задачи к однокритериальной с помощью выделения главного критерия и назначения ограничений являются: (1) оптимизация ирригационного регулирования, когда ищется максимальный эффект от ирригации, при этом интересы энергетики учитываются как ограничения, (2) удовлетворение требований ирригации или их урезка в случае ограниченного ресурса и оптимизация энергетического режима в области допустимых по ирригации решений.

Цель может быть сформулирована: (1) как выполнение требований потребителей при минимальных затратах; в случае, когда требования не выполняются и возникает дефицит ресурса в состав затрат включается ущерб, наносимый народному хозяйству, (2) как максимум экономического эффекта, полученного по разнице дохода от реализации продукции и произведенных затрат. Применение первого подхода может быть оправдано только в случае существования “базы сравнения”, отклонения от которой и определяют “не эффективное” функционирование системы. Основная трудность заключается в определении экономического выражения (целевой функции), объединяющего в себе противоречивые требования ирригации и гидроэнергетики.

Для поиска компромисса (консенсуса) можно использовать разные методы, имея различные оценки для временных и территориальных уровней управления, например, используя модели НИЦ МКВК. При этом увязка потребностей различных отраслей во-

допользования может проводиться:

- На бассейновом уровне по гидрологической модели (решение ирригационно-энергетической задачи, учет экологических требований, связь с моделью зоны планирования по водопотреблению и водоотведению, продуктивности воды),
- На региональном и национальных уровнях по социально-экономической модели (по всем отраслям, связь с моделью зоны планирования по сельскохозяйственному сектору, с гидрологической моделью – по гидроэнергетике),
- На уровне отдельных зон планирования по модели зоны планирования (с выделением локальных водных ресурсов).

Единый комплекс моделей НИЦ МКВК позволяет решения на национальном уровне проверять на региональных ограничениях, соизмеряя национальные оценки и индикаторы, не допуская взаимоисключающих управлений. Каждая модель располагает своими критериями и показателями.

Многокритериальный подход к управлению требует соответствующей классификации “элементарных” показателей и критериев (состоящих из этих показателей), включая показатели оценки последствий регулирования стока. Расчет показателей основывается на соответствующих методах оценки. Для более объективного принятия решения кроме значений целевой функции модели имеют дополнительный набор экономических показателей, которые “раскрывают” эффекты и ущербы каждого потребителя на уровне государств и отраслей экономики, скрытые в целевых функциях.

В гидрологической модели используются следующие критерии (целевые функции): максимизация выработки гидроэлектроэнергии, максимизация чистого дохода в гидроэнергетике, минимизация отклонений объемов расчетных водозаборов от установленных лимитов, максимизация чистого дохода в орошаемом земледелии, при компенсации ущерба в гидроэнергетике, максимизация чистого дохода в орошаемом земледелии, при компенсации ущерба в гидроэнергетике, минус ущербы от недопдачи воды в Приаралье (по экологическим требованиям) и непроизводительных потерь стока.

Поиск компромисса не возможен без всестороннего изучения существующей водохозяйственной ситуации, возможных вариантов управления и развития – попусков, выработки электроэнергии, компенсационных поставок, цен, и - принципов, условий их назначения. Один из путей достижения консенсуса – показать сторонам их прибыли, ущербы, выработать и согласовать взаимные уступки.

Например, можно поставить вопрос о том, что компенсация, рассчитанная на основе вегетационных избытков Токтогульской ГЭС, не должна превышать гидроэнергетического ущерба, получаемого в зимний период, и далее – компенсация должна выплачиваться только в случае, если существует рост эффекта в орошаемом земледелии при переходе от бытового режима к ирригационно-энергетическому и он превышает рост эффекта в гидроэнергетике при переходе от бытового режима к ирригационно-энергетическому. Другой подход - оплата вегетационных попусков должна осуществляться только сверх бытового стока.

Однако, о данных уступках не возможно договориться, если не показать всю ситуацию в целом по бассейну Сырдарьи, если не показать (в цифрах) ущербы от сбросов в Арнасай, возможные перебои в маловодные годы в водообеспеченности расположенных ниже орошаемых земель, как в целом за год, так, с большой глубиной, в отдельные вегетационные периоды, что Кыргызстан продает электроэнергию Узбекистану и Казахстану по ценам, превышающим себестоимость в несколько раз, вызывая ответные меры по повышению цен компенсационных поставок топлива, что выгода Узбекистана и Казахстана от регулирования стока Токтогульским водохранилищем для не маловод-

ных лет отсутствует и др. Многое будет зависеть от того, на сколько эффективно будут распределены регулирующие функции между всеми емкостями каскада водохранилищ и как изменится в будущем (при вводе перспективных объектов) режим Токтогульского водохранилища.

Для достижения консенсуса между государствами, исходя из сложившейся ситуации, следует отказаться от претензий друг к другу и разработать на настоящем этапе правила совместных действий, например, может быть оговорить, что не всякое нарушение бытового стока, приводящее к ущербу у нижних водопользователей, должно компенсироваться той стороной, которая привела к ущербу. В этой связи, можно согласится оплачивать часть затрат по регулированию стока, если ирригационные попуски превышают энергетические (а не бытовой сток). В свою очередь, государство, регулирующее сток и имеющее энергетические интересы, должно согласится на изменение своего энергетического режима в интересах орошаемого земледелия и экологии ниже-расположенных государств, не настаивая на компенсации ущербов, вызванных затоплением земель водохранилищем и др.

При отказе от бартера цена продажи электроэнергии Узбекистану и Казахстану (и соответственно стоимость поставок) должна покрывать возможный ущерб в энергетике и соответствовать затратам Кыргызстана на покупку компенсационных топливно-энергетических ресурсов (исходя из существующих цен). Данное предложение может повысить оперативность выполнения принимаемых договоренностей, если должным образом будут организованы валютные взаиморасчеты и осуществлен финансовый контроль.

## 6. Заключение

Разработка механизмов дальнейшего поиска консенсуса, с ориентиром на устойчивое развитие, должна предполагать увязку перспективных и современных задач регулирования стока рек бассейнов, согласование критериев и ограничений управления, вовлечение в управление заинтересованных лиц - стейкхолдеров, юридическое обеспечение.

Перечисленные задачи предполагается решать в рамках данной темы, а также тем 01.02, 02.03, 02.04 программы МКВК. В 2004-м году – показатели и критерии будут уточнены, по разработанным критериям и принятым ограничениям будут выполнены детальные варианты расчетов на комплексе бассейновых моделях и разработаны рекомендации по рациональному управлению водными ресурсами на ближайшую перспективу; в 2005-м году – будут даны предложения по переходу на многолетнее регулирование (отдаленная перспектива), с учетом изменения климата и требований на воду.

Будут учтены изменения в части совершенствования организации управления водным хозяйством. Одна из основных задач недавно созданных Бассейновых управлений ирригационных систем и магистральных каналов (Узбекистан) – организация бесперебойного и своевременного обеспечения водой потребителей, что непосредственно связано с рациональным (а значит с наименьшими потерями) управлением и учетом водных ресурсов на всех уровнях управления и их стыках, включая улучшение планирования (использование согласованных инструментов расчета - моделей), объективно учитывающего и минимизирующего возможные потери, повышающего точность и предсказуемость водохозяйственных балансов, оперативность корректировки.

Планируется ввести соответствующие изменения в модели управления (в первую очередь в их структуру, описывающую объекты на основе бассейнового принципа).

## 2.2. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ КАСКАДОМ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

Л.А. Аверина

Целью исследований на 2003 г. является разработка алгоритма формирования цены за регулирование стока водохранилищными гидроузлами комплексного назначения в условиях складывающихся рыночных отношений между странами ЦА региона.

Согласно календарному плану в течение текущего года, в соответствии с поставленными задачами была проведена работа в следующих направлениях.

- Выполнен обзор материалов по международному и национальному водно-энергетическому использованию и управлению водных ресурсов.
- Определено влияние регулирования стока в секторах экономики на изменение чистого дохода и объемов валовой продукции в многолетнем разрезе.
- Из общих объемов регулирования стока выделена многолетняя составляющая водных ресурсов, аккумулируемых в водохранилищах для последующего использования.
- Разработан алгоритм определения цены регулирования стока водохранилищными гидроузлами комплексного назначения.

1. По разным данным, более чем 230 речных бассейнов мира делятся между двумя и более странами. Более чем 300 договоров подписано странами для решения конкретных водных проблем (две трети из них подписаны странами Европы и Северной Америки) и еще более чем 2000 соглашений содержат положения о водных ресурсах, однако их координированное управление и использование до сих пор является редким явлением. Разобщенность в планировании и использовании вод является скорее правилом, чем исключением. Это приводит к экономическим потерям, экологической деградации и международным конфликтам.

1.1. В рамках международного водного права существует ряд принципиальных подходов к разрешению водных проблем. Один из них заключается в признании за каждой страной полного суверенитета в отношении протекающих по ее территории рек. Это означает, что другие страны того же речного бассейна не имеют права ограничивать эксплуатацию реки данной страной в пределах ее границ. Очевидно, такой подход выигрывает для стран, расположенных в верхнем течении рек. Согласно другому подходу, река принадлежит всем государствам, через чью территорию она протекает. Данный подход отвечает интересам стран нижнего течения, поскольку уравнивает их в правах водопользования со странами верхнего течения. В основе третьего подхода лежит принцип разумного распределения (по другим интерпретациям - равноправного распределения), согласно которому достойны уважения суверенные права каждой страны речного бассейна в пределах ее территории, поэтому ограничивается водопользование по рассчитанным пропорциям с тем, чтобы обеспечить приемлемые возможности водопользования всем остальным. Такой подход более импонирует третьим (незаинтересованным) странам, выступающим в роли третьей стороны. Однако, учитывая выгоды и потери, данный подход менее привлекателен для стран, расположенных ближе к истокам, чем для стран, расположенных ближе к устью реки.

Есть еще один подход к водопользованию, распространенный в западных штатах США, согласно которому права водопользования признаются за первым по времени водопользователем, "право первого". Хотя формально этот подход не входит в между-

народное право, он фактически присутствует в большинстве определений “равноправного водопользования”, когда такое определение обусловлено характером использования вод в прошлом. Данный подход применяется влиятельными, и экономически развитыми странами, чтобы воспрепятствовать другим странам бассейна развивать свое водопользование.

1.2. Принципы экономического регулирования использования, восстановления и охраны водных объектов заложены в Водных кодексах государств СНГ. Так, например, в Водном кодексе Российской Федерации основным принципом экономического регулирования использования, восстановления и охраны водных объектов является платность водопользования и предусматривается создание системы платежей, связанной с пользованием, восстановлением, охраной, а также со стимулированием рационального использования водных объектов.

Следует упомянуть предложения А.Т.Асанбекова, Д.М.Маматканова и др. в работе «Экономический механизм управления трансграничными водными ресурсами и основные положения стратегии межгосударственного вододеления» по тарифной политике водообеспечения в Кыргызстане.

Предлагается подход к решению проблемы долевого участия сопредельных государств в возмещении эксплуатационных затрат комплексных водохранилищ межгосударственного значения. При этом делается вывод о существовании упущенных выгод Кыргызстаном и предлагаются методические основы для их возмещения через введение межгосударственных тарифов на воду, передаваемую в сопредельные государства. Авторы считают, что механизм платного водопользования необходимо внедрять как внутри республики, так и при подаче воды сопредельным государствам, а переход от “бартерных соглашений” к финансовым расчетам за передаваемую воду значительно упростит заключение договоров между государствами. Сама идея ввода цены за регулирование стока заслуживает внимания, однако методика ее расчета настораживает, поскольку базируется на затратно-нормативном принципе формирования ежегодных эксплуатационных издержек водохозяйственных организаций (предлагается решить проблему нехватки бюджетных средств управленческих структур Кыргызстана). При этом, помимо затрат на эксплуатацию ирригационные потребители (в лице соседних государств) должны, по мнению авторов, ежегодно компенсировать Кыргызстану ущерб в объеме 123.5 млн.долл США. При этом утверждается, что Кыргызстан имеет право использовать 50% стока, формируемого в бассейне р.Нарын и сбрасывать этот объем в зимний период, увеличивая зимнюю выработку электроэнергии на Токтогульской ГЭС.

1.3. На основании проработанных материалов, касающихся проблем водно-энергетического использования и управления водными ресурсами, можно сделать вывод, что разрешение споров в сфере водопользования затрудняется тем, что еще не созданы четкие, ясные международные правовые рамки и экономические инструменты, которые бы регулировали использование вод трансграничных речных бассейнов межгосударственного значения. Можно считать, что и государства СНГ и ЦА региона в целом оказались не готовы к решению водных проблем. Свидетельством тому является имеющееся незначительное количество законов, регулирующих водные отношения. Для сравнения – в США около 50 законов регулируют водные отношения.

2. Расстановка приоритетов при решении водно-энергетических проблем совместного использования трансграничного стока секторами экономики и самими странами требует тщательного анализа ситуации за многолетний период.

Связано это с тем, что в последнее десятилетие прошлого столетия Кыргызстан в одностороннем порядке стал изменять согласованный ранее проектный режим работы Токтогульского водохранилища, увеличивая межвегетационные попуски в ущерб веге-

тационным, создавая тем самым условия искусственного маловодья для нижележащих потребителей, которое влекло за собой значительные ущербы по сельскому хозяйству.

2.1. Следует отметить, что проектные параметры Токтогульского комплексного гидроузла подобраны таким образом, чтобы он осуществлял свою работу в ирригационном режиме с выработкой электроэнергии на ирригационных попусках. Режим стока р. Нарын в створе водохранилища в естественном протекании имеет благоприятный для удовлетворения требований орошаемого земледелия гидрограф, поскольку половодье проходит в период вегетации, а межень соответствует невегетационному периоду. Однако максимумы среднемноголетних значений внутригодового распределения стока и потребления не совпадают: максимум стока опережает максимум потребления на месяц. Проектный же режим работы Токтогульского водохранилища принципиально не меняет гидрограф протекания стока, сохраняя попуски в вегетационный период на уровне 70-75% от годового стока и осуществляя при этом многолетнее регулирование, обеспечивая их стабильность и соответствие требованиям потребителей.

С начала 90-х годов изменение Кыргызстаном гидрографа попусков в сторону энергетических требований достигали 67,3 %, т.е. практически соотношение величин попусков в вегетационный и межвегетационный периоды стали противоположными. Изменение гидрографов стока за многолетний ряд иллюстрируется данными таблицы 1.

Попуски вегетационного периода были сокращены по сравнению со среднемноголетними до 6 км<sup>3</sup> (в 1998 г попуск из водохранилища составлял 3,7 км<sup>3</sup>), т.е. практически было создано постоянное искусственное маловодье, что привело к значительным ущербам по всем потребителям и, в первую очередь, по сельскому хозяйству всего бассейна. Значительно смягчило катастрофичность такого изменения проектного режима тот факт, что десятилетие 1991-2000 гг. характеризовалось высокой водностью р.Нарын, которая оценивалась по периоду в целом 5 % обеспеченностью.

В данном отчете была проведена оценка степени удовлетворения требований потребителей в зависимости от режимов работы Токтогульского водохранилища по 53-летнему гидрологическому ряду при различных сценариях управления.

- При работе Токтогульского ГУ в ирригационном режиме (проектном) обеспечивается нормативная гарантия водообеспеченности (90 %) при всех требованиях потребителей (при фактических водозаборах с учетом мероприятий по низовьям) и ущербов в сельскохозяйственном производстве не ожидается.

При ирригационном режиме ГЭС работает в более благоприятных условиях – срок обеспечения расчетного напора увеличивается до 68 – 85 %. Время сработанного уровня до УМО в расчетном периоде не превышает 3% от времени расчетного периода. Следовательно, общий объем выработки электроэнергии будет выше. Среднегодовая выработка электроэнергии за расчетный период составит 4632 млн.кВт.ч.

- При ирригационно-энергетическом режиме работы, при котором за расчетные требования приняты осредненные фактические межвегетационные попуски за 1990–2000 гг., а в вегетационный период ирригационные требования, получена неустойчивая работа Токтогульского водохранилища с низкой гарантией обеспечения требований потребителей (энергопопусков – 54 %, ирригационных – 60%) с глубокими месячными перебоями (соответственно 83 и 47 %). Крайне неблагоприятно сказывается такой режим на состоянии водохранилища из-за частых сработок до уровня мертвых объемов, состояние при таком уровне достигает 20 % от времени всего расчетного периода. Из-за низких горизонтов установленное оборудование ГЭС полностью используется в расчетном периоде только 42 % времени. Среднегодовая выработка электроэнергии за расчетный период составит 4140 млн.кВт.ч. При переводе режима работы водохранилища на ирригационно-энергетический от возни-

кающих дефицитов ущерба в сельском хозяйстве от недобора сельхозпродукции (хлопка) составят 10,3 млрд. долларов США.

- При чисто энергетическом сценарии управления режимом работы водохранилища за многолетний период при заданных требованиях энергетиков, которые выполнялись на 100 %, водохранилище срабатывает ниже ГМО уже на третий год эксплуатации. При этом станция практически не вырабатывает электроэнергию. Таким образом, приходим к выводу, что существующие требования энергетики к режиму работы Токтогульского водохранилища за многолетний период не могут быть выполнены. И это притом, что в летний период (в вегетацию) водохранилище, в основном, наполняется, так как оно работает в интересах только энергетики.

Распределение водных ресурсов по принципу выполнения только энергетических требований на покрытие потребления электроэнергии республики (Кыргызстана) нельзя считать выгодным для самого Кыргызстана, не говоря уже о неприемлемости такого режима для Узбекистана и Казахстана.

2.2. Проведенный анализ влияния регулирования стока Нарын-Сырдарьинским каскадом водохранилищ на изменение чистого дохода и объемов валовой продукции в отраслях экономики государств бассейна привел к следующим результатам.

Кыргызстан имеет выгоду (чистый доход) от использования Нарынского каскада при пропуске зарегулированного стока, по предварительной оценке, составляющую 113 млн. \$, а при пропуске бытового (не зарегулированного) стока 63 млн. \$. Выгода от регулирования стока Токтогульским водохранилищем составляет около 50 млн. \$

Таджикистан получает зарегулированный сток рек Нарын, Карадарья от Кыргызстана и Узбекистана и использует его для выработки электроэнергии на Кайраккумской ГЭС (установленная мощность 126 МВт) и в орошаемом земледелии.

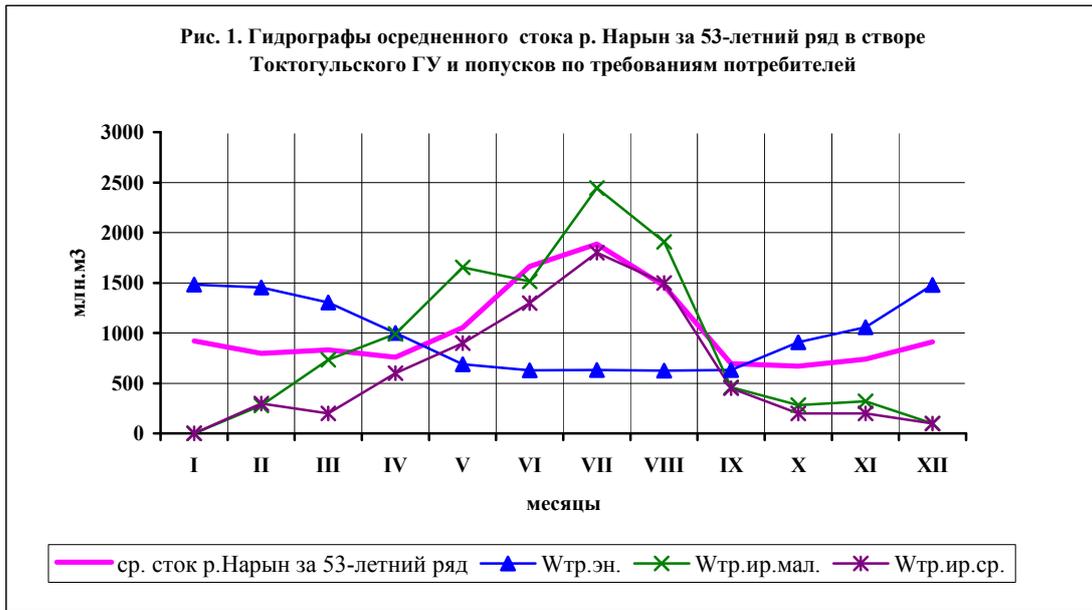
Кайраккумское водохранилище работает в режиме сезонного регулирования. По проекту, при ирригационном режиме на Кайраккумской ГЭС, наибольший объем электроэнергии вырабатывается летом, а с минимальной мощностью ГЭС работает зимой. Такая схема (выгодная Узбекистану и Казахстану) не соответствует современным энергетическим требованиям Таджикистана и вызывает некоторый зимний дефицит энергии, требующий компенсации. По соглашению с Узбекистаном в период наполнения Кайраккумского водохранилища Таджикистан импортирует электроэнергию, а в период сработки – экспортирует. Кайраккумское водохранилище перехватывает зимние попуски из Токтогула и является в настоящее время ирригационным компенсатором.

Однако, регулирующей емкости Кайраккумского водохранилища недостаточно для перехвата и эффективного перерегулирования стока при попусках из Токтогула в межвегетацию свыше 7 км<sup>3</sup>. Полезный проектный объем водохранилища оценивается в 2,5 км<sup>3</sup>.

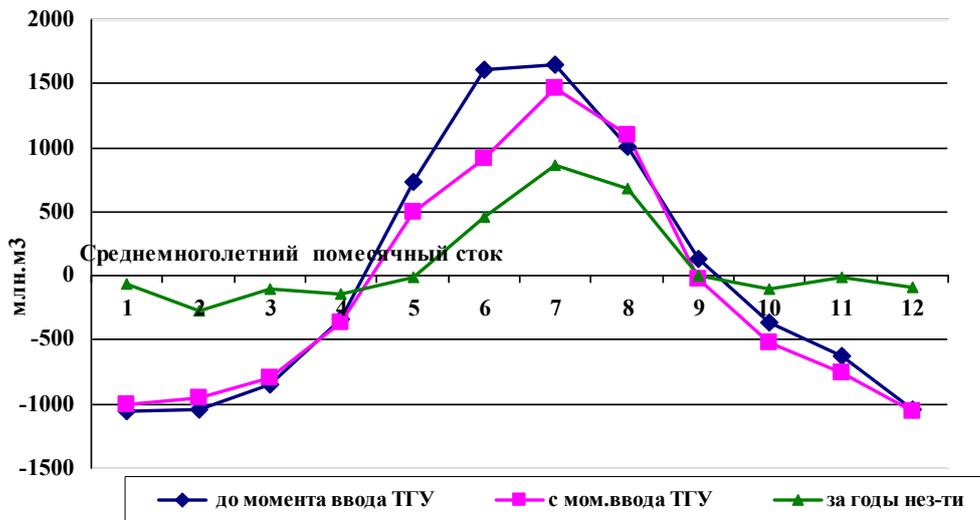
Таблица 1

Осредненный по периодам фактический сток р.Нарын в створе Токтогульской ГЭС и требования потребителей на попуски из водохранилища в годы различной водности

годы	месяцы												за год		вегетация		межвегетация	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	млн.м3	%	млн.м3	%	млн.м3	%
ср.мн.лет приток за (за 55 лет)																		
1948-2003	436,501	411,8	467,83	724,49	1560,14	2440,18	2319,16	1578,88	844,24	619,07	505,34	470,51	12377,97	100	9467	76,5	2911	23,5
ср.мн.лет.приток за период																		
1948-1989гг	425,3	415,3	463,6	664,8	1426,6	2239,5	2278,1	1635,3	764,8	539,4	430,1	430,5	11713	100	9009	76,9	2704	23,1
ср.мн.лет.приток за период																		
1948-1974гг	392,4	360,1	438,4	681,8	1576,1	2664,1	2393,6	1584,2	861,3	633,2	510,4	432,8	12528	100	9761	77,9	2767	22,1
ср.мн.лет.приток за период																		
1974-1989гг	478,9	505,1	504,5	637,3	1183,7	1549,7	2090,5	1718,3	607,8	387	299,4	426,8	10389	100	7787	75	2602	25
попуск 1990	734	728	573	718	391	969	1998	2239	653	790	822	954	11370	100	6769	59,5	4601	40,5
1991	1029	750	554	651	1382	2011	2290	1658	619	562	778	951	13235	100	8611	65,1	4624	34,9
1992	970	86	972	754	937	1382	1425	1417	638	745	897	1178	12179	100	6553	53,8	5626	46,2
1993	1195	1064	1004	752	651	640	860	929	700	795	998	1280	10869	100	4532	41,7	6337	58,3
1994	1377	1473	1537	1485	911	1008	1136	1090	1091	881	967	1564	14521	100	6721	46,3	7800	53,7
1995	1682	1488	1618	931	619	1003	2167	1093	480	809	1013	1690	14591	100	6291	43,1	8300	56,9
1996	1685	1486	1406	848	587	1537	1398	1278	570	1053	1205	1650	14702	100	6217	42,3	8484	57,7
1997	1728	1493	1355	695	31	1203	1695	1286	417	450	1169	1433	13654	100	6027	44,1	7627	55,9
1998	1695	1306	1197	578	439	381	774	884	632	868	1050	1476	11281	100	3689	32,7	7592	67,3
1999	1698	1389	1478	1109	595	638	1125	1093	511	798	1400	1637	13470	100	5070	37,6	8400	62,4
2000	1803	1694	1481	858	954	1169	1535	1363	604	1031	1216	1473	15180	100	6482	42,7	8697	57,3
ср.мн.лет.сток за период																		
1990-2000гг	1418	1178	1198	853	682	1086	1491	1303	629	798	1047	1390	13187	100	6087	46,3	7098,91	53,7
ср.мн.лет.сток																		
за 53 года	922	797	831	759	1054	1663	1885	1469	697	669	738	910	12450	100	7548,2	61,6	4901,45	38,4
приток 2001	463	409	544	853	2033	2328	1655	1513	977	779	630	533	12717	100	9359	73,6	3357,944	24,8
попуск 2001	1808	1694	1481	892	656	1013	1441	1203	718	852	1019	1658	14435	100	5923	41,0	8512	59,0
приток 2002	509	392	415	1273	1923	4085	3088	2161	1026	870	661	609	17012	100	13557	69,7	3455	30,3
попуск 2002	1543	1272	1286	829	490	378	667	908	378	655	1154	1809	11369	100	3651	36,8	7718	67,9
приток 2003	514	449	572	811	2024	3585	2897	1619	1109	856	706	562	15704	100	12045	76,7	3659,00	23,3
попуск 2003	1695	1548	1607	1054	581	300	661	1165	1138	1265	1462	1527	14003	100	4899	35,0	9104,06	65,0
Втр.эн.мн.	1483	1455	1305	1000	688	629	632	624	632	907	1057	1479	11891	100	4205	35,4	7686	64,6
Втр.эн.ср.	1493	1615	1602	1326	905	1041	1119	1129	1121	926	1018	1653	14949	100	6642	44,4	8306,62	55,6
Втр.ир.мн.	180	200	450	600	900	1000	1133	1100	450	200	180	180	6573	100	5183	78,9	1390	21,1
Втр.ир.ср.	180	280	520	600	900	1300	1800	1500	450	200	200	200	8130	100	6550	80,6	1580	19,4
Втр.ир.мал.	180	300	734	992	1653	1513	2446	1909	461	280	250	220	10938	100	8974	82,0	1964	18,0



**Рис. 2. Дефициты стока при энергетических требованиях в сравнении со среднемноголетним**



Зависимость от Токтогула можно уменьшить, если скоординировать режимы управления Кайраккумского и Чардаринского водохранилищ. Совместная работа Кайраккумского и Чардаринского (полезный объем  $4.7 \text{ км}^3$ ) водохранилищ ориентирована на обеспечение максимально возможных расходов по руслу Сырдарьи в зимний период (с минимальными сбросами в Арнасай) и равномерное наполнение этих емкостей к концу межвегетации. В вегетацию в интересах ирригации Кайраккумским водохранилищем перераспределяет около  $1.7 \text{ км}^3$  воды (дополнительный попуск в вегетацию), сбрасывая в целом за год около  $0.9 \text{ км}^3$  стока, который ниже накапливается в Чардаринском водохранилище. Выработка электроэнергии на Кайраккумской ГЭС оценивается около  $0.5 \text{ млрд. кВт.ч}$ , из которых  $0.1 \text{ млрд. кВт.ч}$  теряется Таджикистаном при холостых сбросах в вегетацию. Потери на ГЭС в многоводные годы при попусках  $9...10 \text{ км}^3$  в вегетацию (например, в 1998 году, когда приток к Кайраккумскому водохранилищу за вегетацию составил  $8.6 \text{ км}^3$ , а попуски из него  $10.1 \text{ км}^3$ ) могут быть увеличены вдвое.

Выгода Таджикистана от регулирования Кайраккумского водохранилища (без учета эксплуатационных затрат) составит около 14 млн.\$ . Такого же порядка может достигать выгода Казахстана от работы Чардаринского водохранилища. В тоже время, в маловодные годы нерациональная работа Кайраккумского водохранилища может привести к дефицитам воды и соответствующим убыткам в орошаемом земледелии на расположенных ниже землях и возможным потерям при работе Фархадской ГЭС.

Узбекистан и Казахстан получают, во-первых, зарегулированный сток реки Нарын от Кыргызстана, учитывая, что в первую очередь пропускаются нерегулируемые расходы реки Карадарьи и рек Ферганской долины с добавлением к ним необходимых попусков из Токтогульского водохранилища; во-вторых, зарегулированный Кайраккумским водохранилищем сток от Таджикистана. От попусков из этого водохранилища зависит водообеспеченность орошаемого земледелия среднего течения Сырдарьи (Узбекистан, Казахстан), работа Фархадской ГЭС (Узбекистан) и гарантированный приток к Чардаринскому водохранилищу (Казахстан). Казахстан получает зарегулированный сток реки Чирчик от Узбекистана.

Анализ показывает, что в маловодные и средние по водности годы при попусках в вегетацию из Токтогула ниже  $6.0 \text{ км}^3$  наблюдаются дефициты воды в орошаемом земледелии от  $2,5...3,86 \text{ км}^3$  в год. Для покрытия возможного дефицита воды в вегетацию необходимо в многоводные годы накапливать воду в водохранилище и не допускать попуски в межвегетацию в объемах свыше  $5.0...6.0 \text{ км}^3$ .

Выгода Узбекистана и Казахстана от использования зарегулированного стока реки Нарын при условии работы Токтогульского гидроузла в проектном режиме в течение вегетации составит около 38 млн. \$. (по маловодному году). Выгода Казахстана от работы Чардаринского водохранилища около 14 млн.\$ .

В расчетах не учитываются ущербы Узбекистана от сброса энергетических попусков в Арнасай, экологические ущербы в низовьях Казахстана, дополнительные затраты и убытки вызванные изменением нагрузок тепловых станций и ограничением располагаемых топливных ресурсов для компенсаций.

2.3. Анализ примеров комплексного управления в интересах всех стран региона и отраслей (на примере работы Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ) показывает, что Токтогульское водохранилище является компенсирующей емкостью для бассейна в целом. Потребители обеспечиваются в первую очередь стоком малых рек и боковой приточностью к стволу, возникающие же дефициты покрываются попусками из водохранилища. Величины этих попусков в многолетнем ряду меняются в широких пределах от  $0,7$  до  $16 \text{ км}^3$ .

Наибольшую выгоду от регулирования стока Токтогульским гидроузлом получает Кыргызстан (около 50 млн.\$). Подтверждением этого является то, что потребность в дополнительных объемах ирригационных ресурсов составила всего 0,7...3,0 км<sup>3</sup>, в то время как требования гидроэнергетики республики Кыргызстан достигали 13,4 км<sup>3</sup>, что на 1 млрд.м<sup>3</sup> выше объема среднемноголетнего притока к Токтогульскому водохранилищу (12,4 км<sup>3</sup>).

Стоит обратить внимание на тот факт, что в многоводные годы для орошаемого земледелия Узбекистана и Казахстана эффект от регулирования стока Токтогульским ГУ отсутствует и республики покрывают свои потребности за счет боковой приточности р.Сырдарья и фактически бытового стока р.Нарын. Как показал 2002 год, даже при вегетационных попусках равных 3,65 км<sup>3</sup>, что фактически является требованием на попуски энергетиков самого Кыргызстана, орошаемое земледелие было обеспечено водой за счет высокой боковой приточности р.Чирчик и р.Карадарья (126 %). Поскольку Узбекистан и Казахстан не были заинтересованы в дополнительных попусках из Токтогула сверх энергетических до 6,5 км<sup>3</sup>, то и не было необходимости в покупке избытка летней электроэнергии в размере 2,2 млрд.кВт.ч, как зафиксировано Соглашением 1998 г. Если бы был выдержан режим попусков, зафиксированный Соглашением, то убытки составили бы около 38 млн.\$.

Данное обстоятельство должно, во-первых, предостерегать Кыргызстан от необоснованных решений по принятию неэффективных, а иногда и приносящих ущерб, решений в противовес сложившимся между государствами-соседями отношениям. Это относится к необоснованно завышенным тарифам на электроэнергию, вырабатываемую в многоводные годы в период вегетации, что ведет, в свою очередь, к ответной реакции при определении цен на топливо для ТЭЦ, поставляемое из соседних республик в зимний период. Во-вторых, наглядно показало необходимость в пересмотре Соглашения 1998 г. и корректировке его с учетом чередования маловодных и многоводных лет. Так как за последние многоводные годы требования и фактические попуски за вегетацию были меньше планируемых по договоренности и как следствие этого, гораздо меньше был объем электроэнергии, вырабатываемой на этих попусках, сверх энергетических нужд самого Кыргызстана и предназначенный для продажи в Узбекистан и Казахстан.

Договорится между государствами, и зафиксировать режим Токтогульского гидроузла – не решение проблемы. Важно решить вопрос создания экономического механизма взаиморасчетов между государствами, учесть интересы каждой стороны, а не только заинтересованность Кыргызстана в оказании услуг по регулированию стока.

3. На основании изучения и обобщения отечественного и зарубежного опыта в сфере управления комплексными гидроузлами межгосударственного значения был сделан вывод, что в сложившихся схемах управления водно-энергетическими объектами и использования ресурсов для обеспечения взаимовыгодного сотрудничества реальными можно считать экономический подход, основанный на введении платы за регулирование стока многоцелевыми водохранилищами. В связи с этим была начата разработка алгоритма формирования цены регулирования ГУ комплексного назначения.

3.1 Цена регулирования ( $C_{рег}$ ) представляет собой сумму стоимости зарегулированного водохранилищем стока и стоимости упущенной выгоды пользователей (потребителей):

$$C_{рег} = C^{B/xp}_{рег} + C_{уб}, [$/м^3]$$

где  $C^{B/xp}_{рег}$  - стоимость зарегулированного водохранилищем стока, рассчитывается через объемные и затратные показатели ГУ комплексного назначения:

$$C_{рег}^{B/xp} = \frac{Z^{B/xp}}{W_{рег}}$$

где  $Z^{B/xp}$  - затраты на наполнение водохранилища - аккумуляировании стока в целях многолетнего регулирования и затраты на сезонную сработку водохранилища, осуществляемую в дополнение к бытовому стоку реки определяются путем выделения из суммарных затрат на эксплуатацию гидроузла -  $Z^{ГУ}$  затрат на эксплуатацию, ремонт и амортизацию ГЭС -  $Z^{ГЭС}$ .

$$Z^{B/xp} = Z^{ГУ} - Z^{ГЭС}, [\text{млн.}\$]$$

$W_{рег}$  – общий объем регулирования стока водохранилищем гидроузла складывается (как алгебраическая сумма) из объемов наполнения -  $W_{нап}$  и сработки водохранилища -  $W_{сраб}$ ; объемы наполнения представляют собой положительные значения объемов регулирования, а объемы сработки - отрицательные.

$$W_{рег} = W_{нап} - W_{сраб}, [\text{млн.м}^3], (-) \text{ означает сработку воды из запасов водохранилища}$$

$$\text{или } W_{рег} = W_{пр} - W_{вып}$$

где  $W_{пр}$  - приток воды к водохранилищу, который фактически является бытовым стоком ( $W_{б}$ ).

$$C_{VB} = \frac{UB}{\Delta W_{mp}} [\$/\text{м}^3]$$

где,  $UB$ - упущенная выгода энергетиков, [млн. \$]

$\Delta W_{mp}$  - объем воды сверх нужд энергетиков, [млн.м<sup>3</sup>]

Объемы регулирования стока водохранилищем гидроузла в интересах энергетики ( $W_{рег.б-эн}$ ) и ирригации ( $W_{рег.б-ир}$ ) получены соизмерением требуемых для гидроэнергетики ( $W_{тр.эн}$ ) и орошаемого земледелия ( $W_{тр.ир}$ ) расходов реки с бытовым ( $W_{б}$ ).

Упущенная выгода энергетиков определяется как:

$$UB = \Delta E * (Ц - C)$$

где,  $\Delta E$  - выработка электроэнергии на объеме воды сверх требований энергетиков ( $\Delta W_{тр.эн}$ ), млн.кВтч;

$$\Delta E = q * \Delta W_{тр.эн} [\text{млн.кВтч}]$$

где,  $q$  - удельный показатель, зависящий от уровня воды в водохранилище, кВтч/м<sup>3</sup>,

$Ц$  - отпускной тариф на электроэнергию на экспорт, принятый в республике на данный момент времени, [\$/кВтч]

$C_{ср}$  - среднегодовая себестоимость э.э на каскаде ГЭС, цент/кВтч

Себестоимость электроэнергии и отпускной тариф на электроэнергию должны быть различными для сезона (лета и зимы).

3.2. По предварительным расчетам, цена за регулирование стока Токтогульским водохранилищем с учетом упущенной выгоды Кыргызских энергетиков равна 0,0134 \$/м<sup>3</sup> или 1,34 цент/м<sup>3</sup>.

### 2.3. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВНУТРИГODOVЫХ ИРРИГАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТ ВОДОХРАНИЛИЩ И ВЫРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ БВО «СЫРДАРЬЯ» ПО ИХ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д.А. Сорокин

Цель работы: разработка экономико-метаматематической модели и компьютерной программы внутригODOVого управления вводно-энергетическими ресурсами бассейна реки Сырдарья на межгосударственном и национальном уровнях.

Работа является продолжением работ по пакету ASB-MM, в части перехода на внутригODOVые режимы, более детального и полного учета энергетических и экологических требований.

Были выполнены следующие работы:

1. Разработан алгоритм базовой экономико-метаматематической модели.
2. Разработана компьютерная программа, реализующая модель.
3. Создан интерфейс.
4. Разработана база данных и произведено ее наполнение с целью информационного обеспечения модели, тестовые расчеты.

#### **Алгоритм базовой экономико-метаматематической модели внутригODOVого управления вводно-энергетическими ресурсами бассейна реки Сырдарья**

Метод представления речной системы - метод графов. Речная система разбивается на расчетные участки и створы, водохранилища, озера, с агрегированными на них водозаборами в каналы и коллекторные сбросы, которые в алгоритме имитируются сетью дуг-узлов. Граф  $G(J,I)$  определен как два множества:  $J=\{1, \dots, j\}$  - вершин (узлов) и  $I=\{1, \dots, i\}$  - дуг. Каждая дуга  $i$  характеризуется двумя узлами  $(j,k)$  : начальным  $j$  и конечным  $k$  , где  $j \in J, k \in J, i \in I$

Модель основывается на уравнениях сохранения количества воды и соли. Соль рассматривается как консервативная примесь. Уравнения решаются для каждого узла.

$$\frac{dW_j}{dt} = \sum_{(k,j) \in I_j^+} Q_{k,j} - \sum_{(j,k) \in I_j^-} Q_{j,k}$$

$$\frac{d(S_j * W_j)}{dt} = \sum_{(k,j) \in I_j^+} (S * Q_{k,j}) - \sum_{(j,k) \in I_j^-} (S * Q_{j,k})$$

Задача заключается в поиске управления  $W_u(t)^*$ ,  $t \in \{0:T\}$ , которое удовлетворяет критерию качества управления и ограничениям. В качестве критерия может выступать (по выбору пользователя) различные условия, в частности - максимум суммарного годового чистого дохода от использования водных ресурсов в водохозяйственных районах

$$\sum_{z \in J} [ P_z * \int_0^T \sum_{(j,z) \in I_z^+} Q_{j,z} dt ] \rightarrow \max$$

### Основные ограничения

$$\max \min Q_{j,k} \geq Q_{j,k} \geq Q_{j,k}$$

$$\max \min W_u \geq W(t)_u \geq W_u$$

где:  $W_j$  – объем воды в  $j$ -ой вершине ( $m^3$ ),  $S_j$  – минерализация ( $кг/м^3$ );  $Q_{j,k}$  - расход между вершинами  $j$  и  $k$  ( $m^3/сек$ );  $Q_{k,j}$  - расход между вершинами  $k$  и  $j$  ( $m^3/сек$ );  $Q_{j,z}$  - расход между вершинами  $j$  и  $z$  ( $m^3/сек$ );  $Q_z$  - требуемый приток к узлу  $z$  ( $m^3/сек$ );  $z \in J$  - узел потребления (водохозяйственный район),  $z \in Z$ ;  $Z$  - количество водохозяйственных районов;  $W_u$  – объем воды в  $u$ -ой вершине ( $m^3$ ),  $u \in J$  - узел управления (водохранилище),  $u \in U$ ;  $U$  - количество узлов управления,  $I_j^+, I_j^-$  - множества дуг входящих в вершину  $j$  и выходящих из нее;  $P_z$  – продуктивность оросительной воды ( $\$/m^3$ ),  $t$  – текущая координата времени;  $0$  и  $T$  – начало и конец расчетного периода времени.

Задача внутрigoдового управления водными ресурсами заключается в определении оптимальных многолетних режимов работы водохранилищ, которые при соблюдении определенных требований природного комплекса (по экологическим попускам в Приаралье, санпопускам по рекам) максимально удовлетворяли бы потребности водохозяйственного комплекса, представленного зонами планирования и гидроэнергетикой.

### Компьютерная программа, реализующая модель

В управлении ирригационно-энергетическими режимами комплексных гидроузлов встречаются элементы взаимного исключения, когда одна цель противоречит или может быть достигнута за счет другой, то есть существует проблема неопределенности цели, характерная для объектов многоцелевого назначения. Можно выделить три основных направления в решении таких задач.

**Первое** основывается на оптимизации ирригационного регулирования и нахождении максимального эффекта от ирригации, при этом интересы энергетики учитываются как ограничения.

**Второе** предполагает удовлетворение требований ирригации или их урезку в случае ограниченного ресурса и оптимизацию энергетического режима в области допустимых по ирригации решений. Эти направления есть по сути способы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной с помощью выделения главного критерия и назначения ограничений.

**Третьим** способом сведения многокритериальной задачи к однокритериальной является представление цели в виде максимума (или минимума) некоторой суммы показателей, имеющих свои оценки значимости. Обязательным условием такого подхода

является сопоставимость показателей (по крайней мере, они должны иметь одинаковую размерность или быть безразмерными). Основная трудность заключается в оценке чувствительности данных показателей на те или иные изменения внешних факторов и управлений, а также в определении оценок значимости (весов) показателей.

В последнее время все чаще стали внедряться методы, решающие задачи ирригационно-энергетического регулирования стока в сложных системах комплексного назначения, формулируя их как **экономико-математические**. Результат от регулирования стал представляться на основе экономической оценки водных ресурсов.

Условно можно выделить два основных подхода к такой оценке: (1) цель формируется как выполнение требований потребителей при минимальных затратах; в случае, когда требования не выполняются и возникает дефицит ресурса в состав затрат включается ущерб, наносимый народному хозяйству, (2) цель формулируется как максимум экономического эффекта, полученного по разнице дохода от реализации продукции и произведенных затрат. Применение того или иного подхода зависит от ряда условий. Так, применение первого подхода может быть оправдано только в случае существования “базы сравнения”, отклонения от которой и определяют “не эффективное” функционирование системы. Основная трудность заключается в определении экономического выражения (целевой функции), объединяющего в себе противоречивые требования ирригации и гидроэнергетики. Часто оказывается, что для принятия решения кроме значений целевой функции необходим дополнительный набор экономических показателей, которые “раскрывают” эффекты и ущербы каждого потребителя на уровне государств и отраслей экономики, скрытые в целевой функции.

Можно предложить широкий спектр показателей и критериев, главное - выбрать те, которые соответствуют существующим задачам и устремлениям в будущее.

Применительно к нашей задаче важно выделить:

- Цену регулирования комплексным водохранилищным гидроузлом, учитывающую эксплуатационные затраты и “упущенную выгоду” гидроэнергетического сектора, временной фактор (цена зимней электроэнергии выше, чем летней),
- Последствия регулирования стока в секторах экономики и природном комплексе (через изменение чистого дохода, объемов валовой продукции),
- Интересы всех производителей, поставщиков и потребителей (пользователей), участвующих в водно-топливно-энергетическом обмене и взаиморасчетах между государствами (интересы можно выразить через дополнительные доходы, компенсационные выплаты и др.).

В качестве “элементарных” показателей предлагаются: объемы притока воды к гидроузлу за расчетный период (**W<sub>into</sub>** [млн.м<sup>3</sup>]), объемы попуска воды из гидроузла за расчетный период (**W<sub>out</sub>** [млн.м<sup>3</sup>]), объемы воды в водохранилище на начало **V<sub>1</sub>** и конец **V<sub>2</sub>** расчетного периода [млн.м<sup>3</sup>], объемы регулирования стока **W = W<sub>into</sub> – W<sub>out</sub>** [млн.м<sup>3</sup>], ежегодные издержки гидроузла на эксплуатацию, ремонт и амортизацию **E**, в том числе, отнесенные на ГЭС **E<sub>h</sub>** [млн \$], выработку на ГЭС **G** = [млн. кВт.ч], удельную выработку на ГЭС **P = G / W<sub>out</sub>** [кВт.ч/м<sup>3</sup>], цену регулирования, включающую энергетическую и не энергетическую составляющие **C = C<sub>i</sub> + C<sub>h</sub>** [\$/м<sup>3</sup>], цену водных ресурсов, аккумулируемых в водохранилищах для последующего использования (многолетняя составляющая).

Примеры экономических показателей межгосударственного уровня: (1) доходы от продажи электроэнергии Нарынских ГЭС (на внутреннем и внешнем рынках), (2) доход от использования поставляемых Киргизстану топливно-энергетических ресурсов в зимний период со стороны Узбекистана и Казахстана, (3) ущерб Киргизстана от дефицита электроэнергии, который возникает из-за недовыработки Нарынских ГЭС, (4)

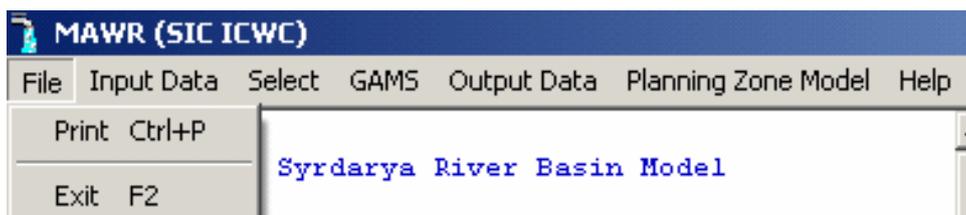
ущерб в орошаемой земледелии Узбекистана и Казахстана, (5) выгода (доход минус затраты) от использования воды в орошаемой земледелии.

Интегрированное управление комплексными гидроузлами (нацеленное на конкретного пользователя, сектор экономики, государство, бассейн в целом) основывается на наборе показателей и критериев управления, которые должны помочь ответить на вопросы: как лучше (эффективнее, разумнее, справедливее) использовать воду, какие негативные последствия от управления можно предупредить, как избежать конфликта между потребителями, найти компромисс, как сберечь водные экосистемы для будущих поколений.

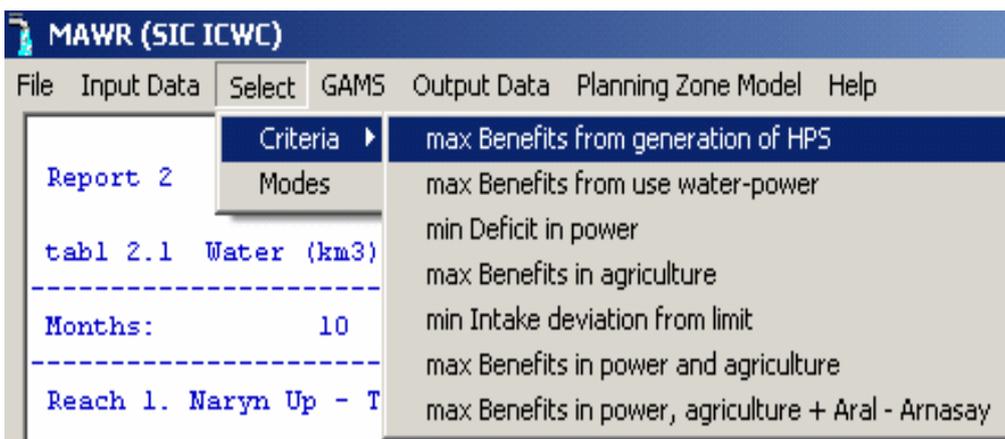
Эффективное использование воды предполагает: эффективное размещение регулирующих емкостей и водопотребителей (водопользователей), рациональное управление (регулирование, распределение) и водопотребление (водопользование). Моделирование процессов управления комплексными гидроузлами (на перспективу, год, сезон, в масштабе реального времени) предполагает наличие целевых функций (при оптимизации), а также набор условий и показателей для выбора рационального решения (при имитационном эксперименте).

### Интерфейс базовой экономико-метаматематической модели внутригодового управления вводно-энергетическими ресурсами бассейна реки Сырдарья

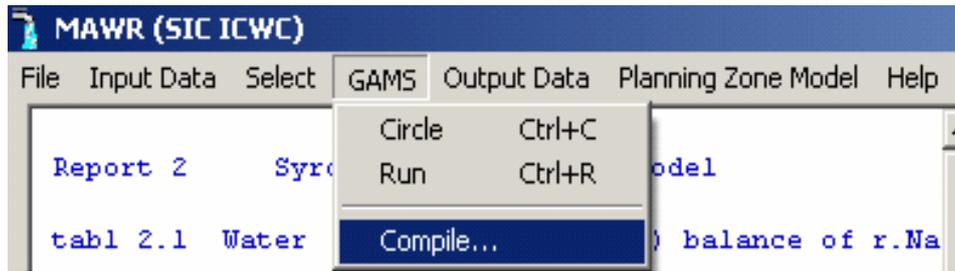
Меню файл на панели управления



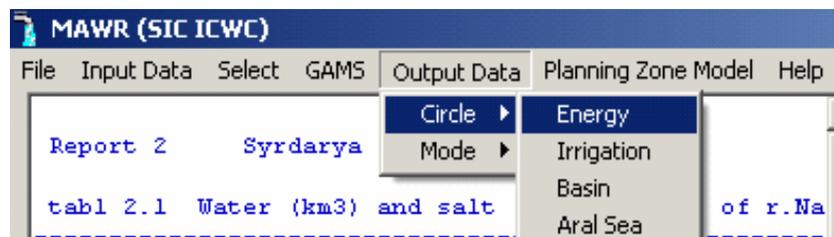
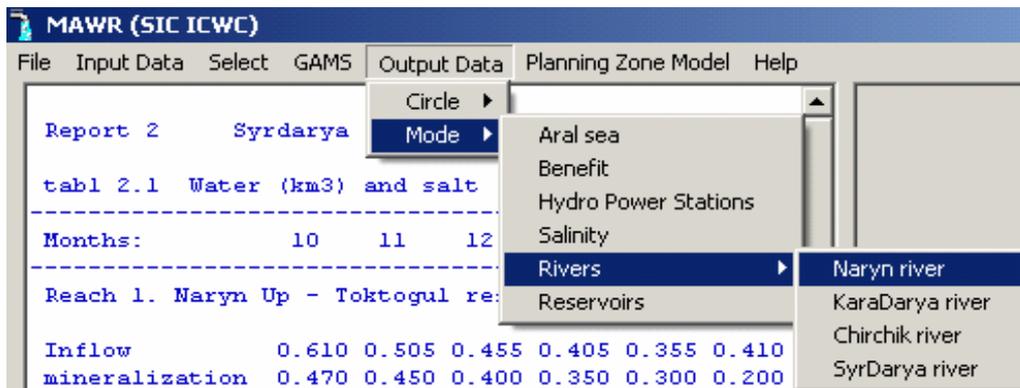
Меню выбора критериев и режимов модели на панели управления



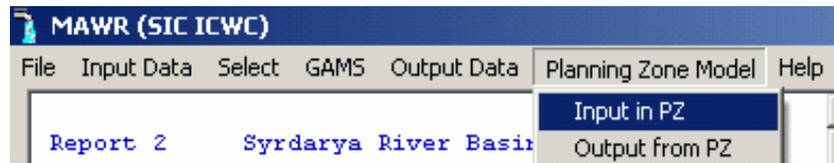
Меню запуска модели на панели управления



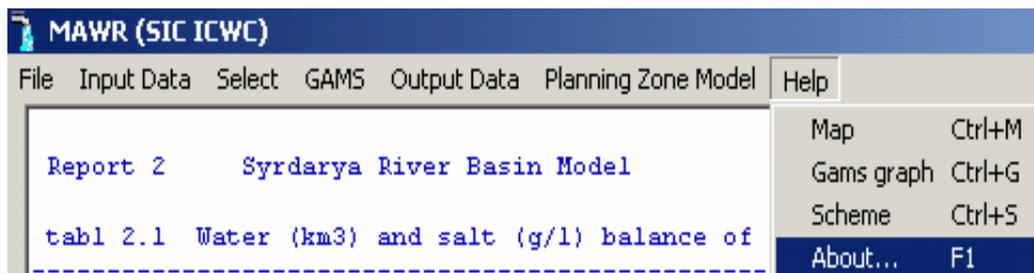
Меню вывода данных на панели управления



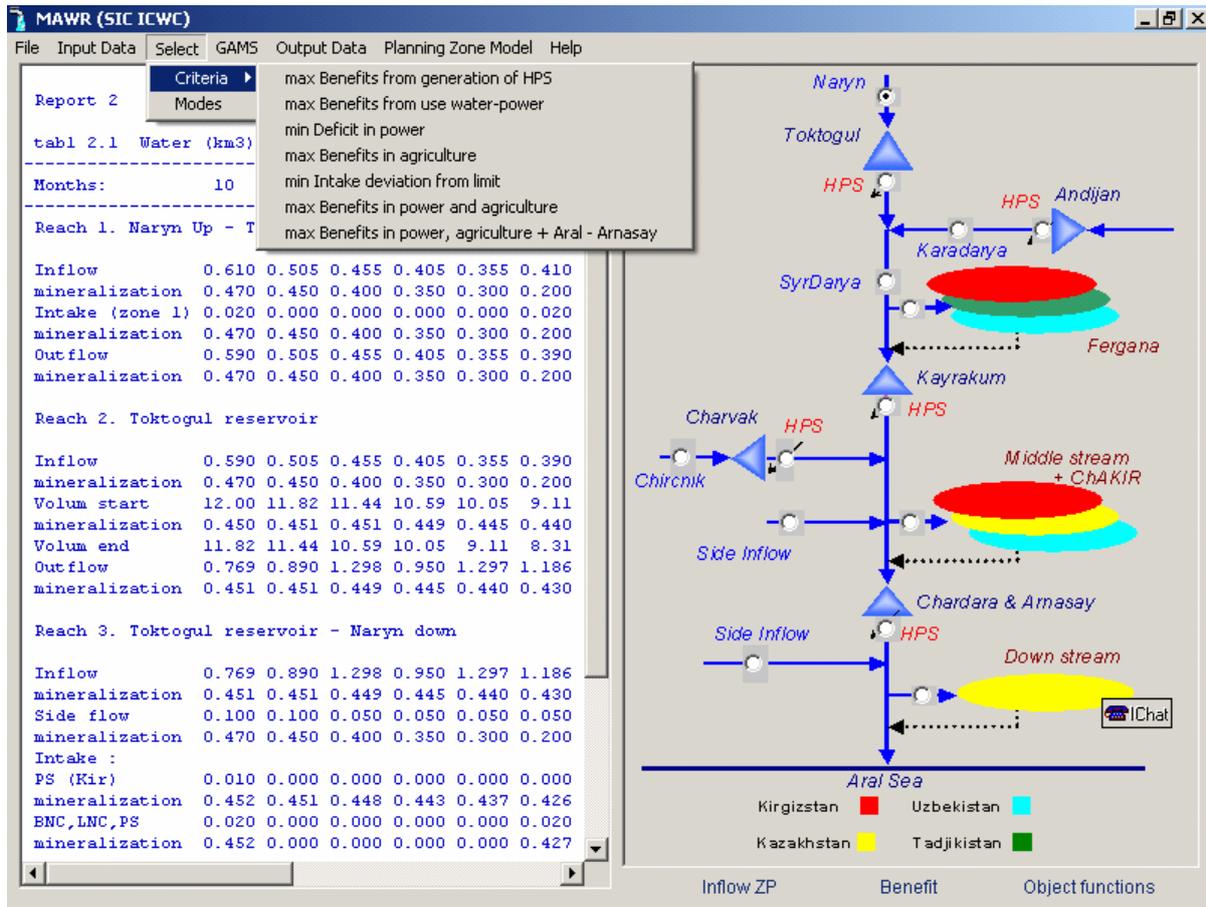
Меню связи с моделью Зоны планирования на панели управления



Меню помощи на панели управления



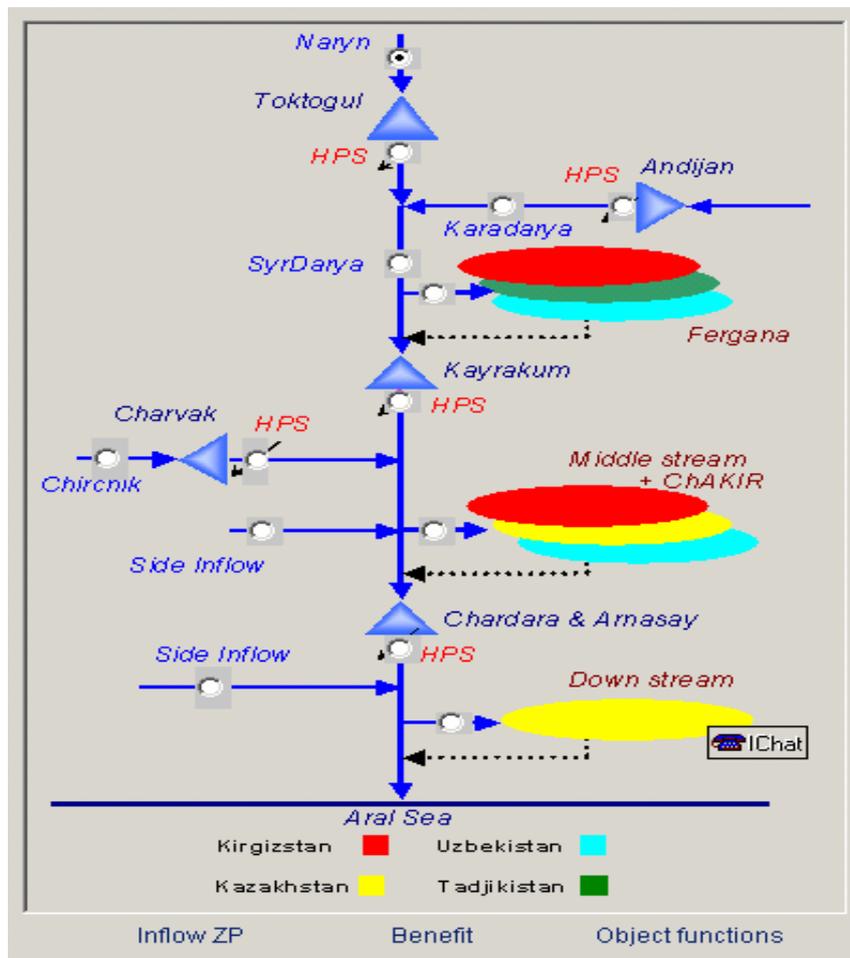
## Общий вид главного окна интерфейса экономико-метаматематической модели



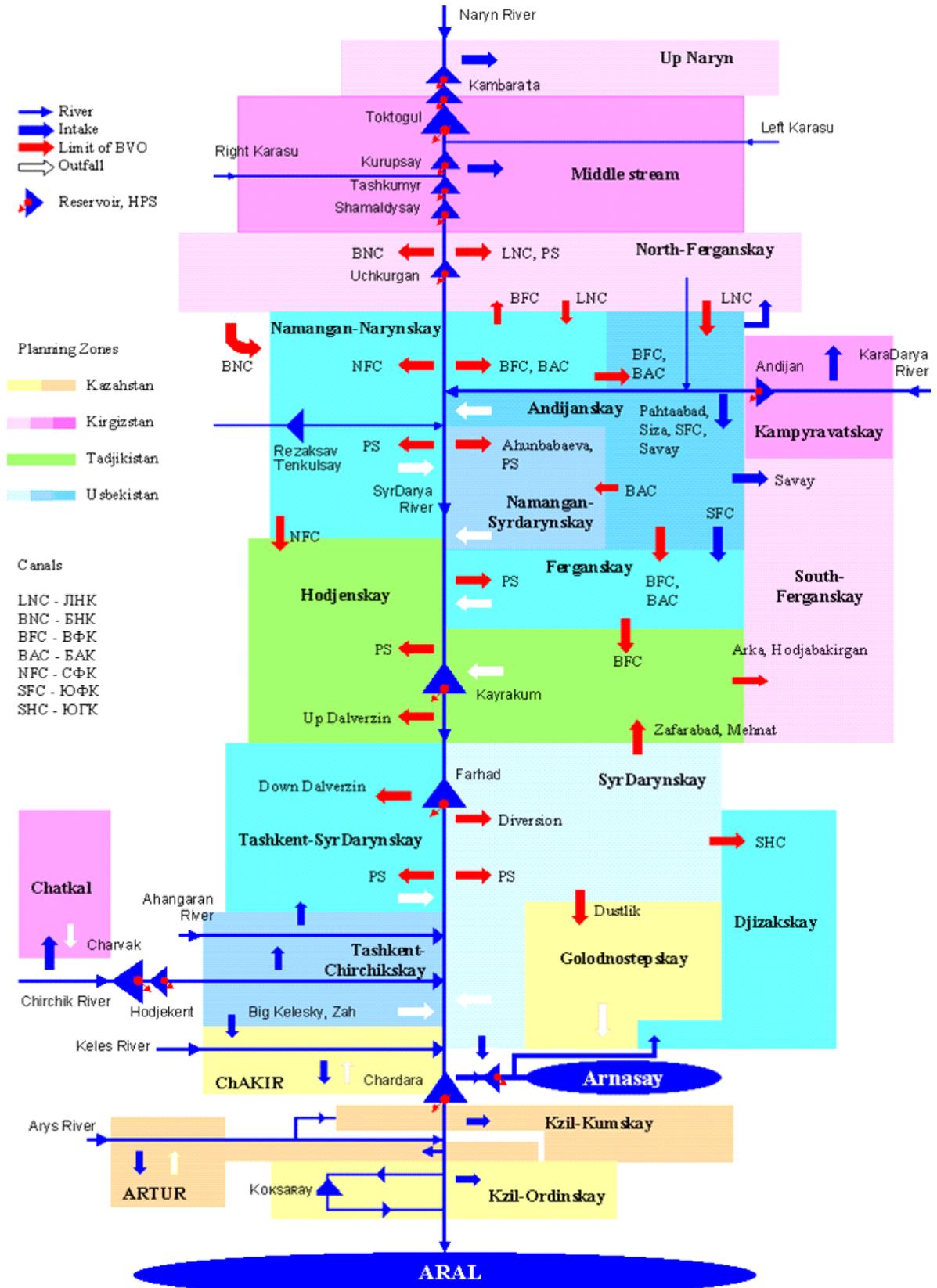
## Окно вывода информации

Report 4 Syrdarya River Basin Model	
tabl 7. Profit from use water-power stations, ml	
-----	
Period:	(1)
-----	
Basin r.Naryn	
a. Revenue from Use power in Kirghizstan	1
b. Revenue from Sale power into Uzb,Kaz.	
c. Revenue from use sale power in next perijs	
d. Exploitation Expenses of power stations	
e. Damage from Deficit power in Kirghizstan	
f. Profit in Kir.: ( a + c - d )	
Profit in other basin:	
r.Karadarya	
r.Chirchik	
r.Syrdarya	
Total - Profit in Basin Syrdarya:	1
-----	
Report 4 Syrdarya River Basin Model	
tabl 8. Benefit from use river water resources (mln	
-----	
Period:	(10-3) (4-9) (
-----	
1. Kazakhstan	
a. Profit in agriculture	64 683
b. Damage in agriculture	5 74
c. Profit in water-power	0 4
d. Benefit ( a + c )	64 687
2. Kirghizstan	

Расположение функциональных кнопок информации на линейной схеме



Функциональная схема бассейна реки Сырдарья



## База данных

### Тестовые расчеты

По следующим критериям:

Критерий 1 -

Критерий 2 -

Критерий 3 -

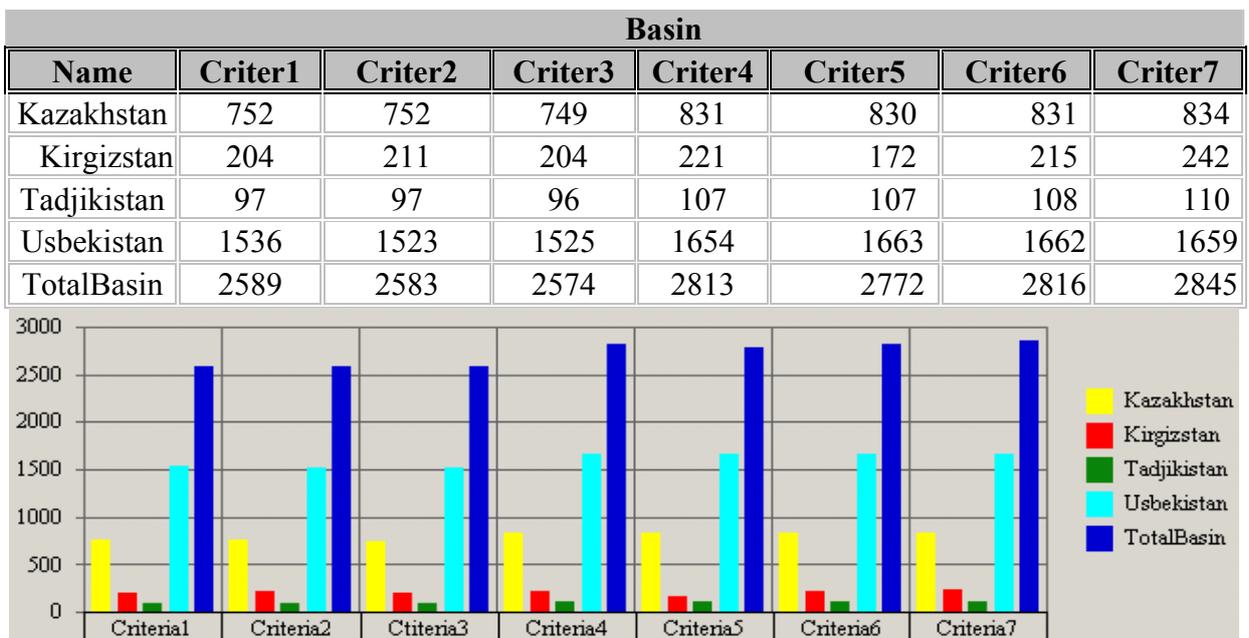
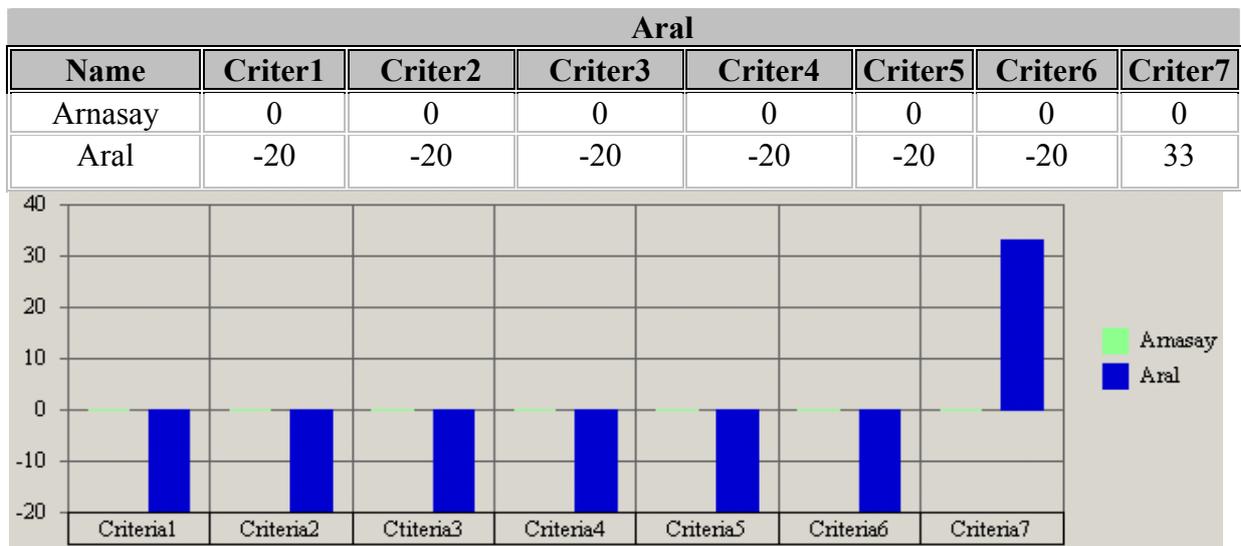
Критерий 4 -

Критерий 5 -

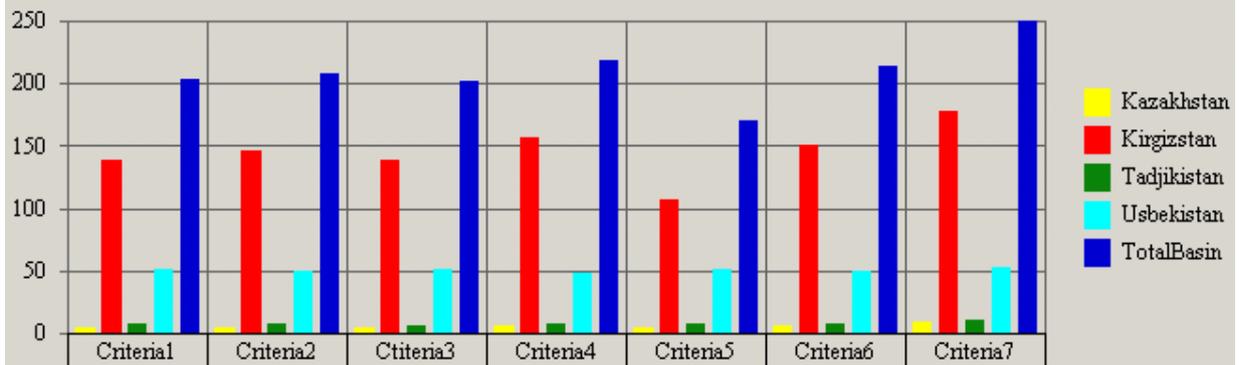
Критерий 6 -

Критерий 7 -

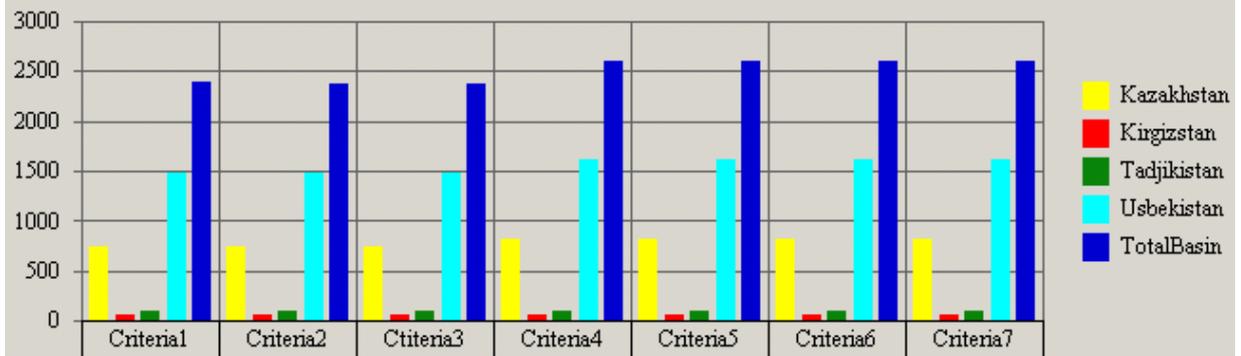
max Benefits from generation of HPS  
 max Benefits from use water-power  
 min Deficit in power  
 max Benefits in agriculture  
 min Intake deviation from limit  
 max Benefits in power and agriculture  
 max Benefits in power, agriculture + Aral - Arnasay

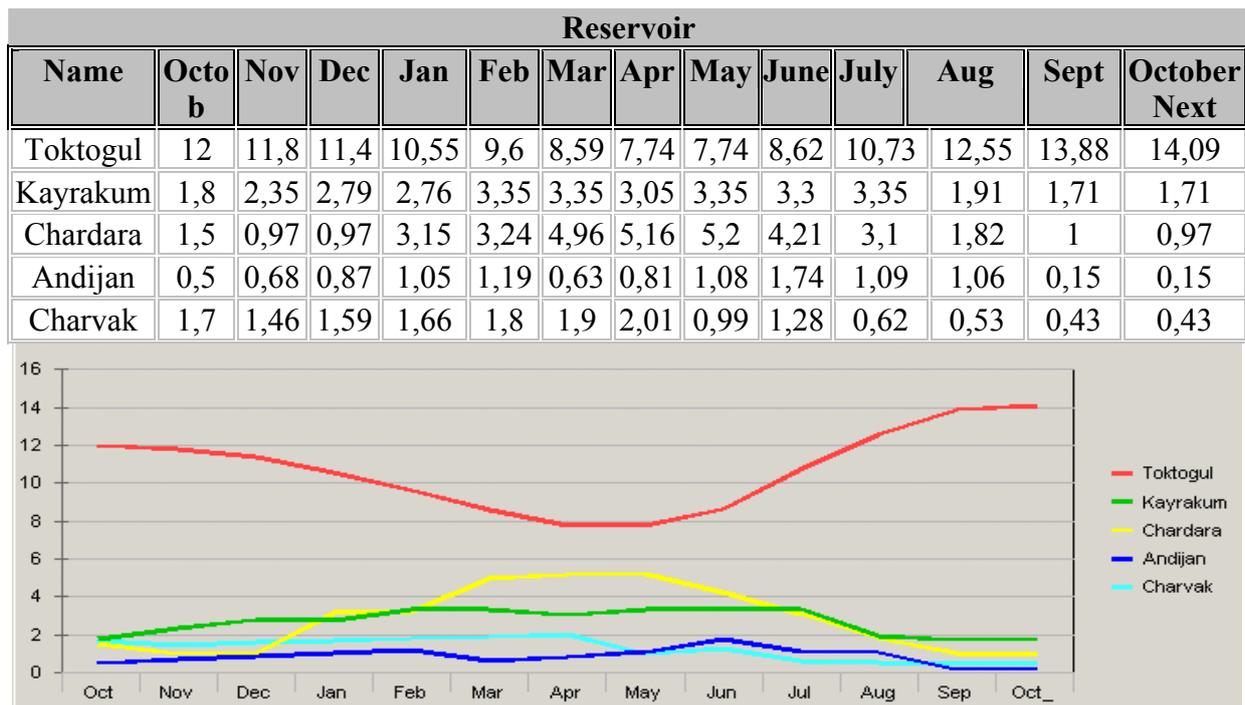


Energy							
Name	Criter1	Criter2	Criter3	Criter4	Criter5	Criter6	Criter7
Kazakhstan	5	5	5	6	5	6	9
Kirgizstan	139	146	139	156	107	150	177
Tadjikistan	7	7	6	7	7	8	10
Usbekistan	52	50	52	49	51	50	53
TotalBasin	203	208	202	218	170	214	249



Irrigation							
Name	Criter1	Criter2	Criter3	Criter4	Criter5	Criter6	Criter7
Kazakhstan	747	747	744	825	825	825	825
Kirgizstan	65	65	65	65	65	65	65
Tadjikistan	90	90	90	100	100	100	100
Usbekistan	1484	1473	1473	1605	1612	1612	1606
TotalBasin	2386	2375	2372	2595	2602	2602	2596





#### 2.4. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСПОЛАГАЕМЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК БАСЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ (В СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ И НА ПЕРСПЕКТИВУ)

А.Г. Сорокин

Цель работы: создание методики и оценка располагаемых водных ресурсов и рационального их использования с учетом колебаний стока, потерь на реках Амударья и Сырдарья, в современном состоянии и на перспективу.

Были выполнены следующие работы:

- Усовершенствована методика расчета располагаемых водных ресурсов бассейна Амударья на современном уровне водопотребления и водопользования, включая требования Приаралья, существующий состав сооружений, то же для бассейна Сырдарья,
- Выполнена отладка методики на комплексе моделей бассейнов реки Амударья и Сырдарья. Произведена корректировка гидрологических моделей (входящих в данный комплекс) – удлинение периода расчета (до 50 лет), ввод новых алгоритмов и функций. Разработаны дополнительные программные и информационных модулей к системе моделей ASB-MM. Усовершенствован интерфейс (меню) пользователя гидрологической модели комплекса ASB-MM.

Далее будут продолжены исследования на перспективу (в соответствии с вариантами развития стран и вариантами регулирования речного стока), с учетом возможных колебаний стока и климатических изменений, выполнена вариантная оценка располагаемых ресурсов (современное состояние, перспектива).

Исследованию подлежали основные реки и их притоки (естественные ресурсы) по бассейнам Сырдарья и Амударья, водохранилища, озера, участки рек по которым рас-

считываются водные балансы.

Использованы материалы БВО “Сырдарья”, “Амударья”, Гидрометслужбы Республики Узбекистан, НИЦ МКВК (региональная база данных, комплекс моделей ASB-MM).

Главная задача – подготовить необходимую гидрологическую базу по естественным располагаемым водным ресурсам – гидрологические 50 летние ряды для решения новых задач рационального управления водными ресурсами бассейнов рек Сырдарья и Амударья (современное состояние, перспектива), а также – уточнение затрат и потерь водных ресурсов (анализ ранее проводимых исследований, комплексная оценка и уточнение по системе моделей), объемов переформирования стока в руслах рек, в условиях новых требований (водозабор, экологические попуски), ограничений (объемы заиливания регулирующих емкостей, отметки допустимых наполнений и сработок водохранилищ), роста прохождения экстремальных (максимальных, минимальных) расходов разной продолжительности.

Применительно к бассейнам рек Сырдарья и Амударья рассмотрены и проанализированы различные подходы формирования гидрографов – на основе календарных (ранее наблюдаемых рядов), моделирования искусственных рядов, учтены особенности бассейнов – циклы, условные вероятности перехода и др. В качестве основного принят подход, основанный на календарном методе.

Методика включила:

- Принципы и способы формирования расчетных внутригодовых и многолетних гидрографов естественного стока основных рек бассейна – Нарына, Карадарьи, Чирчика, Вахша, Пянджа, Кафирнигана, Сурхандарьи, Заравшана, Кашкадарьи (выше притоков к верховым водохранилищам – Токтогульскому, Андижанскому, Чарвакскому, Нурекскому),
- Уточнение потерь стока в реках (включая дельты) и водохранилищах (особо в экстремальных ситуациях – маловодье, паводок),
- Особенности составления русловых балансов на отдельных участках рек бассейнов.

Речной сток в Центральной Азии формируется в основном за счет снегонакопления в горной части и зависит от температуры воздуха и атмосферных осадков. Изменение климата в регионе, то есть рост температуры воздуха и изменение в ту или другую сторону количества осадков, безусловно, повлекут за собой изменение речного стока, что в результате повлияет на количество воды, забираемой на орошение.

Моделирование процессов формирования речного стока под влиянием климатических факторов – задача, которая решалась до сих пор исключительно на национальном уровне. Для корректного моделирования данных процессов и эффективного использования его результатов, необходимо их рассмотрение на региональном уровне, во взаимосвязи по отдельным водосборам, рекам, бассейнам.

В рамках данной работы не ставилась задача разработки методики и компьютерной модели изменения речного стока под влиянием стокообразующих факторов, а проводились исследования по анализу фактических рядов наблюдаемого стока, но в масштабах региональной оценки, для различных периодов, имеющих свои климатические и др. особенности.

Водохозяйственная ситуация в бассейне реки Амударьи в последние годы диктует необходимость нормирования русловых потерь. Решение данной задачи требует уточнения применяемых методик по расчёту потерь воды из русла реки и водохранилищ. Сегодня существует существенное расхождение в оценки этих составляющих руслового водного баланса различными организациями региона. Необходимость данных исследований неоднократно отмечалась на заседаниях МКВК и двусторонних паритетных

комиссий Республик Туркменистан и Узбекистан по оценке русловых потерь из реки Амударьи.

Для решения данной проблемы необходим комплексный подход, включающий анализ натурального материала и моделирование специфических процессов формирования потерь. Необходим инструмент по оценке и прогнозированию русловых потерь (в сравнении с нормами), который должен являться составной частью мониторинга водных ресурсов бассейна Аральского моря. Определенными проработками в этом направлении располагает НИЦ МКВК.

В 60-х годах прошлого столетия В.Шульц оценивал потери воды из реки Амударьи в  $7.6 \text{ км}^3$ . В проектных проработках Среднеазиатского отделения Гидропроекта (1971 год) к Генеральной схеме комплексного использования водных ресурсов р. Амударьи потери из реки оценивались в  $7.8 \text{ км}^3$  в год (для условий среднемноголетнего года). Из них, на участке от слияния Вахша и Пянджа до г. Керки потери воды (на испарение) оценивались в  $1.2 \text{ км}^3$ , на участке Керки – Чатлы в  $6.6 \text{ км}^3$  (на долю испарения приходилось  $4.7 \text{ км}^3$ , на фильтрацию  $0.3 \text{ км}^3$ , на неучтенный водозабор  $1.4 \text{ км}^3$  и  $0.2 \text{ км}^3$  были отнесены к точности учета стока). В начале 80-х годов при уточнении схемы Амударьи оценка потерь была несколько снижена. Для маловодного года (90% обеспеченности) потери принимались равными  $2.9 \text{ км}^3$ , в том числе в низовьях  $1.96 \text{ км}^3$  (или 7.2 % от стока в створе Тюямуюн). В связи с вводом в эксплуатацию ТМГУ - Тюямуюнского гидроузла (водохранилища были заполнены в середине 80-х) и изменения режима реки в низовьях, встала задача пересмотра руслового баланса реки и уточнения потерь (включая оценку в водохранилищах Тюямуюнского гидроузла). Такие исследования, имеющие мощную экспедиционную базу, проводились с середины 80-х до середины 90-х годов в САНИИРИ, в отделе Комплексного регулирования стока рек. Исследования включали натурные измерения, их обработку и компьютерное моделирование процессов формирования потерь. По результатам данных исследования потери из реки, в среднем за период 1981-1988 годов, оценивались в  $8.6 \text{ км}^3$ , в том числе ниже створа Тюямуюн –  $3.8 \text{ км}^3$  (или 13.2 %). Потери за 1989-1990 годы составили  $7.3 \text{ км}^3$ , однако с 1991 года они стали вновь возрастать. Тогда же был сделан вывод о занижении потерь в Уточненной Генсхеме Амударьи, в частности, за счет не учета фильтрационной составляющей, которая при прохождении осветленного потока (ниже Тюямуюнского гидроузла) может составлять значительную часть потерь.

Современные исследования НИЦ МКВК направлены на уточнение этих данных в особых водохозяйственных и гидрологических условиях (повторяющееся маловодье, паводок). Использование в моделях НИЦ МКВК фильтрационных зависимостей, формул расчета мутности потока, а также морфометрических зависимостей позволили рассчитывать потери из реки как на фильтрацию, так и на испарение, для любого по водности года, сезона, месяца.

Для проверки правильности гипотез формирования русловых потерь по реке Амударье был разработан комплекс имитационных математических моделей и программ расчета руслового водного баланса реки и проведены численные эксперименты по уточнению параметров в расчетных зависимостях. Апробирование моделей осуществлялось на ретроспективных фактических данных за последние 25 лет. Анализ результатов показывает, что до 1992 года невязки руслового баланса (когда в баланс включены расчетные потери) практически отсутствуют, что подтверждает верность принятой гипотезы формирования потерь (во всяком случае для данного периода). Невязки последующего периода свидетельствуют о наличии неучтенных потерь (неучтенного водозабора) и низкой достоверности измеряемого стока. По нашим расчетам после 1992 года наибольшие невязки наблюдаются на участке Дарганата – Саманбай. Значительные невязки руслового баланса наблюдались в низовьях Амударьи в маловодные

2000...2001 годы (табл. 1).

Таблица 1

Невязка водного баланса р. Амударьи (потери, неучтенный водозабор, ошибки измерений) и расчетные потери за 1999-2001 годы (км<sup>3</sup>/год)

Расчетный период (гидрологический год, сезон)	Невязка водного баланса		Расчетные потери	
	Келиф- Дарганата	Дарганата- Саманбай	Келиф- Дарганата	Дарганата- Саманбай
1999 – 2000 гг.в том числе:	5,6	10,1	3,5	3,4
- межвегетация	0,6	4,0	1,0	0,8
- вегетация	5,0	6,1	2,5	2,6
2000 – 2001 гг.в том числе:	6,7	9,0	2,9	2,7
- межвегетация	1,6	3,3	0,8	0,5
- вегетация	5,1	5,7	2,1	2,2

Расчеты показывают, что в периоды особого маловодья, повторяющегося более одного года, относительные потери в низовьях Амударьи могут достигать 23...25 %, что на 15 % больше среднесуточных данных (однако это явление носит временный характер). Увеличение потерь в маловодье 2000-2001 годов возможно связано с некоторым увеличением фильтрационной составляющей, вызванной падением уровня грунтовых вод в предрусловой зоне.

В зимний период на потери влияет фактор льдообразования, а также регулирующая емкость Тахиаташского гидроузла, в которой задерживают воду для обеспечения бесперебойной работы электростанции.

Прослеживается некоторое увеличение относительных потерь при минимальных и максимальных расходах.

По Уточненной Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Сырдарьи 1983 года потери из реки в расчетном контуре выше Чардаринского водохранилища оценивались всего в 0.88 км<sup>3</sup>/год, из них потери с поверхности рек и озер – 0.68 км<sup>3</sup>/год, потери на накопление грунтовых вод – 0.2 км<sup>3</sup>/год. По данным БВО “Сырдарья” в водохозяйственных балансах 1987-1992 годов средние потери из реки (включая низовья) приняты уже в размере 3.79 км<sup>3</sup>/год. По расчетам САНИИРИ за 1985 год потери из рек Нарын и Сырдарья (включая потери из водохранилищ) на участке Токтогул – Казалинск составили еще большую величину - 6.49 км<sup>3</sup>/год, в том числе из Нарына – 0.87 км<sup>3</sup>/год (потери рассчитаны по невязке руслового баланса и могут включать неучтенный водозабор).

В бассейне Сырдарьи наиболее проблематичной задачей являлась оценка потерь в реке Нарын на участке от Токтогула до Учкурмана, в реке Сырдарье от Кайраккумского водохранилища до Бекабада и ниже Чардаринского водохранилища. Определенные проработки в этом направлении имеются в НИЦ МКВК.

В гидрогеологическом отношении участки сложны и характеризуются различными типами взаимодействия поверхностных и подземных вод. Наблюдаются участки потерь (участки водохранилищ), зоны выклинивания (потери вследствие фильтрации вод в берега при превышении уровня воды в реке над горизонтом грунтовых вод) и дренирования (подпитывание реки подземными водами). Характер взаимодействия поверх-

ностных и подземных вод на отдельных участках может меняться от сезона к сезону, от маловодного года к многоводному. Низовья реки (ниже Чардары) характеризуются фильтрацией из русла, значительными потерями на испарение и транспирацию.

Потери в руслах рек и водохранилищах (на испарение и фильтрацию) по данным НИЦ МКВК оцениваются в 3...5,5 км<sup>3</sup>/год, в том числе: по реке Нарын в 0.5...0.9 км<sup>3</sup>/год, по реке Сырдарье до Чардаринского водохранилища – 0,4..0,5 км<sup>3</sup>/год, в низовьях Сырдарьи – 1,9...4,0 км<sup>3</sup>/год (табл. 2).

Таблица 2

Потери стока в низовьях реки Сырдарьи (км<sup>3</sup>) для лет различной (на участке Чардара – Казалинск)

Год	Обеспеченность, %	Потери за год	За вегетацию	За межвегетацию
1984	90	1.9	1.4	0.5
1987	50	3.3	2.4	0.9
1988	25	4.0	2.9	1.1

За последние 10...15 лет изменилось (по сравнению с 80-ми годами) процентное распределение потерь по сезонам – увеличился процент за межвегетацию (на 10...20%). Изменения обусловлены изменением режима реки, вызванного энергетическим зарегулированием стока.

Потери на испарение из русел рек Нарын, Сырдарья (до Казалинска) и из водохранилищ Нарын-Сырдарьинского каскада (Токтогульское, Кайракумское, Фархадское, Чардаринское) согласно результатам численных экспериментов оцениваются в 1,5...2,5 км<sup>3</sup>/год. Из них: из Чардаринского водохранилища – 0,5...0,7 км<sup>3</sup>/год, Фархадского – 0,05...0,07 км<sup>3</sup>/год, Кайракумского – 0,3...0,4 км<sup>3</sup>/год, Токтогульского – 0,1..0,15 км<sup>3</sup>/год. Расчеты выполнены на русловой модели НИЦ МКВК, включающей морфометрические зависимости для основных створов, в частности, зависимость ширины реки от расхода воды. Для параметризации зависимостей и их линейной интерполяции по длине водотока использовались данные за годы различной водности.

По результатам расчетов оценка современных фильтрационных потерь из реки Нарын и водохранилищ Нарынского каскада (при их максимальном заполнении) составляет 23,8 м<sup>3</sup>/сек или 0,75 км<sup>3</sup>/год.

Анализируя результаты численных исследований, выполненных на модели НИЦ МКВК для всего бассейна, приходим к выводу, что наибольшие отрицательные невязки руслового баланса (которые нельзя объяснить ни потерями на испарение, ни фильтрационными потерями) наблюдаются на участке устье р. Нарын – Каль. Невязка, достигающая 0,9..1,1 км<sup>3</sup>/год (или 10...13% стока), может быть объяснена недоучетом забора воды в каналы (насосные станции), а также ошибками измерений расхода на постах Каль (Сырдарья) и Учтепе (Карадарья). На других расчетных участках (их в модели 20) невязки руслового баланса не превышают 10% и не выходят за пределы погрешности, возникающей при измерениях и расчетах расходов воды

Программно-информационный комплекс ASB-ММ (последняя версия) позволяет оценивать располагаемые водные ресурсы в разрезе:

- Бассейнов,
- Стран, с разделением по бассейнам,
- Зон планирования (водохозяйственных районов, принятых в БД за единицу бассейнового управления), имеющих национальную принадлежность,

- Отдельных объектов (реки в створах, характеризующих естественные ресурсы, приток к верховым водохранилищам и др.).

В 2004 году предполагается данный комплекс дополнить (для Узбекистана) новыми территориальными структурами управления, соответствующими Бассейновым управлениям ирригационных систем и магистральных каналов.

При этом будет учтено следующее. В структуру Бассейновых управлений ирригационных систем и магистральных каналов входят специальные отделы и службы по управлению водными ресурсами – диспетчерская, гидрометрии, баланса водных ресурсов, основная задача которых – организация бесперебойного и своевременного обеспечения водой потребителей, рационального (а значит с наименьшими потерями) распределения и учета водных ресурсов. Переход от административно-территориального к бассейновому принципу управления предполагает совершенствование существующих методов управления на нескольких уровнях (бассейновом, ирригационных систем и т.д), а принципы интегрированного управления предполагают взаимосвязь этих уровней, с выходом на региональную систему управления, контролируемую МКВК.

Особое внимание следует уделить улучшению планирования распределения водных ресурсов, составлению ВХБ и планов водопользования, их корректировке, объективно оценивающих и минимизирующих возможные потери (в реках, водохранилищах, ирригационных системах). Неоправданные потери могут возникать на любых участках системы, при дисбалансе между выделяемыми лимитами и требованиями (заявками) потребителей, при отсутствии водооборота и т.д. Модели должны позволять выявлять ‘плохо управляемые’ участки, невязки ВХБ, показывать причины их появления, включая неучтенный водозабор, ошибки учета стока на гидростаях и др.

Внедрение в службах и отделах Бассейновых управлений современных информационно-советующих интегрированных систем позволит повысить эффективность управления на всех уровнях (планирование, диспетчерское оперативное управление), а также более обосновано подготавливать мероприятия по реконструкции гидромелиоративных систем и внедрению в эксплуатацию принципов интегрированного управления и водосбережения.

По данным НИЦ МКВК суммарные среднесезонные ресурсы поверхностных (речных) вод в бассейне Аральского моря составляют 116,5 км<sup>3</sup>/год. Данная оценка сопоставима с аналогичными расчетами, отраженными институтом «Средазгипроводхлопок» в Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов Сырдарьи в 1987 году (37,1 км<sup>3</sup>/год) и в Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов Амударьи в 1984 году (79,4 км<sup>3</sup>/год).

Суммарный сток трансграничных рек, включенных в гидрологическую модель ASB-ММ оценивается по многолетнему ряду в 98,7 км<sup>3</sup>/год, т.е в 84,7 % от суммарных ресурсов поверхностных речных вод в бассейне Аральского моря. В схему гидрологической модели не входят местные ресурсы, отдельно учитываемые в другой модели комплекса ASB-ММ – в модели зоны планирования, например, реки Туркменистана, некоторые реки Ферганской долины (которые учитываются только как сбросы в Сырдарью) и др.

Водные ресурсы гидрологической модели включают:

По бассейну Сырдарьи: (1) Реку Нарын – суммарный приток к Токтогульскому водохранилищу, (2) Реку Карадарья – суммарный приток к Андижанскому водохранилищу, (3) Боковую приточность к рекам Нарын и Карадарья, (4) Реку Ахангаран, (5) Боковую приточность к реке Сырдарья (исключая реки Чирчик и Ахангаран), (6) Реку Чирчик – суммарный приток к Чарвакскому водохранилищу, (7) Реку Келес, (8) Реку Арысь.

По бассейну Амударьи: (1) Реку Вахш – суммарный приток к Нурекскому водохранилищу, (2) Боковую приточность к реке Вахш, (3) Реку Пяндж, (4) Реку Кафирниган, (5) Реку Сурхандарья, (6) Боковой приток к Амударье (Шерабад, Кундуз), (7) Реку Заравшан, (8) Реку Кашкадарья.

По данной модели располагаемые среднемноголетние водные ресурсы (которые можно забирать из рек) оцениваются приблизительно в 90...91 км<sup>3</sup>/год, что соответствует современному суммарному водозабору, полученному из условий жесткого лимитирования и оптимальных потерь (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Оценка располагаемого ресурса трансграничных рек - современный уровень (км<sup>3</sup>/год)  
По данным ASB-ММ (гидрологическая модель)

№	Показатель	Сырдарья	Амударья	Всего
1	Водные ресурсы рек (поверхностные)	30.0	68.7	98.7
2	Возвратный сток в основные реки	7.5	7.0	14.5
3	<i>Итого приход</i>	<i>37.5</i>	<i>75.7</i>	<i>113.2</i>
4	Потери воды	3.5	7.0	10.5
5	Подача в Приаралье	4.5	7.5	12.0
6	Итого расход	8.0	14.5	22.5
7	Располагаемый ресурс (3 – 6)	29.5	61.2	90.7

Таблица 4

Водозабор из трансграничных рек (км<sup>3</sup>/год)  
По данным ASB-ММ (гидрологическая модель)

№	Государство	В зоне управления		БВО *)	Всего
		Сырдарья	Амударья	Сумма	
1	Казахстан	8.2	-	8.2	11.0
2	Киргизия	0.22	0.15	0.37	1.45
3	Таджикистан	2.0	8.3	10.3	10.6
4	Туркменистан	-	22.15	22.15	22.15
5	Узбекистан	11.15	22.65	33.8	45.5
	<b>Всего</b>	<i>21.57</i>	<i>53.25</i>	<i>74.82</i>	<i>90.7</i>

\*) БВО распределяют воду между государствами по установленным лимитам.

Следует отметить, что данный укрупненный баланс приводится для случая сохранения современного уровня водозабора на будущее, в целом за многолетний период - 50 лет, за который наблюдались небольшие дефициты воды по водозабору (например, для бассейна Сырдарьи, по числу перебойных лет, для Узбекистана – 10 %, Казахстана – 6 %, с глубиной не более 2..3 % от общего водозабора), а также соблюдались условия эффективной (с наименьшими потерями) работы водохранилищ.

В 2004 году балансы будут уточняться, в соответствии с вариантами развития стран и вариантами регулирования речного стока, с учетом возможных колебаний стока (многолетние, внутригодовые колебания) и возможных климатических изменений.

## 2.5. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО НОРМИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И САНИТАРНЫХ ПОПУСКОВ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА РЕК АМУДАРЬИ И СЫРДАРЬИ В ИХ СРЕДНИХ И НИЖНИХ ТЕЧЕНИЯХ

А.С. Никулин

Цель работы: рекомендации по нормированию санитарных попусков по рекам Амударья и Сырдарья, уточненные режимы попусков по основным водотокам, обеспечивающие экологические и санитарные требования.

Тема является проходящей. В 2003 году ожидаемыми результатами является получение математической модели и алгоритма компьютерной модели расчета санитарных и экологических попусков в нижнем и среднем течениях рек Амударья и Сырдарья.

Были проведены следующие работы:

- проведен анализ периодической научной литературы, отчетов по международным конференциям;
- начата работа по составлению алгоритмов связи расчетных модулей по определению величин санитарных и экологических попусков с компьютерной моделью ASB-MM.

На основе анализа современного состояния вопроса в мире даны определения экологических попусков, предложенные Международным союзом охраны природы и природных ресурсов и Всемирным банком. Рассмотрены научные термины - потребность руслового стока, потребность руслового стока в засушливый период, поддержание потребности руслового стока, минимальные попуски, применяемые в мировой практике, и возможность их использования в условиях Центральной Азии. Проанализированы блага, реальность и возможные компромиссы по данному вопросу.

Рассмотрены методы определения потребностей стока: справочные таблицы, настольный анализ, функциональный анализ, моделирование среды обитания. Определены некоторые преимущества и недостатки данных методов и характеристик установки экологических попусков.

Были проведены следующие работы:

- продолжена работа по составлению алгоритмов связи расчетных модулей по определению величин санитарных и экологических попусков с компьютерной моделью ASB-MM;
- начата работа по созданию методики расчета санитарных и экологических попусков по руслу рек Амударья и Сырдарья в среднем и нижнем течениях;
- составлена классификация попусков по руслу рек Амударья и Сырдарья.

Согласно классификации, предложенной во втором квартале работ по данной теме, в бассейнах рек Амударья и Сырдарья санитарно-экологические попуски следует разделить следующим образом:

- Санитарно-экологические попуски в ирригационную сеть, подаваемые для питьевых нужд.
- Экологические попуски, подаваемые в дельту, поддерживающие экологическое равновесие системы. Для их оценки следует учитывать следующее. Экологическими приоритетами низовий реки Сырдарья являются: (а) увеличение пропускной

способности русла реки, (б) водообеспечение дельты, (в) восстановление Северного Арала. В низовьях Амударьи – дельтовые озера и тугайные леса.

- Санитарные попуски по руслу реки, обеспечивающие поддержание самой реки в качестве водного объекта, имеющего природную ценность. Смысл санитарного попуска в том, что в тот период времени, когда значение расхода воды по рекам ниже санитарной нормы, по рекам должен подаваться дополнительно расход, составляющий разницу между нормой (санпопуском) и фактически наблюдаемым расходом.

Были проведены следующие работы:

- определены методики расчета попусков по руслу рек Амударья и Сырдарья, согласно определенной НИЦ МКВК классификацией;
- составлен алгоритм расчета одного из типов попусков (санитарного) по руслу реки в зависимости от водности года;
- произведена компьютерная реализация расчета вышеуказанного алгоритма.

Методика расчета объема воды подаваемой в ирригационную сеть для питьевых нужд основывается на международном стандарте, определяющем 200 литров воды в сутки на человека. Однако следует помнить, что часть населения снабжена питьевой водой с помощью водопроводов, колодцев и скважин. Поэтому необходимо ввести поправочный коэффициент на норму подачи воды в ирригационную сеть в том случае, если часть питьевой воды население получает с помощью водопровода или колодцев. При их отсутствии коэффициент равен единице. Данный коэффициент может меняться со временем. В зависимости от водности года или сезона меняется и возможности водообеспечения населения альтернативными методами. Следовательно, расчет объема воды можно рассчитать с помощью дифференциального уравнения:

$$\frac{dW}{dt} = f(t) \times F, \quad (1)$$

где  $\frac{dW}{dt}$  - объем воды во времени, подаваемый в ирригационную сеть для питьевых нужд;

$f(t)$  - функция нормы воды на человека во времени, зависящей от изменения возможностей водообеспечения другими способами;

$F$  - численность населения.

Определение коэффициентов уравнения является задачей следующего этапа работ.

За основу оценки экологических попусков, подаваемых в Приаралье, приняты модельные исследования НИЦ МКВК по дельте Амударьи (А.И.Тучин) и проектные проработки Казгипроводхоза по дельте Сырдарьи.

Экологические требования по заполнению только части водоемов Южного Приаралья – системы естественных озер, оцениваются за многолетний период в 1,7 км<sup>3</sup>/год воды. Для их ежегодного поддержания (затраты на испарение и фильтрацию) необходим приток воды в размере около 1 км<sup>3</sup>/год. На заполнение системы водохранилищ требуется уже около 3.7 км<sup>3</sup>/год, из них на ежегодное поддержание (потери) около 2,0 км<sup>3</sup>/год. Однако следует отметить, что только часть стока Амударьи, сбрасываемая ниже Тахиаташа и предназначенная для поддержания экосистем Южного Приаралья, может быть использована этими системами, часть стока поступит в Аральское море. Поэтому для стабильного поддержания озер и водохранилищ попуски по реке не долж-

ны быть меньше 6...7 км<sup>3</sup>/год. Данная оценка не затрагивает возможные варианты стабилизации уровня воды в восточной и западной части Большого Аральского моря.

За последние 20 лет затраты стока в дельте Сырдарьи (обводнение, потери) изменялись в пределах 0,4... 1,8 км<sup>3</sup>/год. Современные расчетные затраты в дельте оцениваются: для маловодного года в 0,4 км<sup>3</sup>/год, среднего 1,0 км<sup>3</sup>/год, многоводного 1.5 км<sup>3</sup>/год.

При определении величин санитарных попусков на практике, за расчетный, еще в недавнем прошлом, принимали расход 95% обеспеченности естественного стока реки. Считалось, что он в состоянии поддерживать процессы самоочищения. Санитарные попуски могут быть установлены исходя из величин минимальных расходов, наблюдаемых по реке в период ее естественного существования. Еще один подход – расчет санпопусков исходя из 10% расхода стока рек, наблюдаемого за многолетний период. Данная методика широко используется в настоящее время в странах Европейского Союза.

Данная методика была принята нами за основу и усовершенствована. Она заключается в следующем. Для конкретного момента времени (месяц) на определенном участке реки в зависимости от водности года на основе естественного ряда наблюдений (когда не было антропогенной нагрузки на забор стока) рассчитывается его водообеспеченность. Десять процентов от данной рассчитанной величины является санитарным попуском по руслу реки, приуроченным к концу участка. Ниже на рисунке проиллюстрированы расчеты санитарного попуска для низовьев р. Амударья в год 90% обеспеченности стока.



**Рис. 1**

При расчете значений попусков по руслу рек Амударья и Сырдарья следует учитывать, что величины экологического попуска в дельту и санитарного попуска по руслу реки могут перекрываться, то есть если величина одного из двух попусков превышает другого, то этот попуск не подается. Величина попуска в ирригационную сеть не входит в значения двух других попусков и подается в русло реки отдельно.

На основе наших проработок в маловодные годы сток реки на участках в нижнем течении рек ниже рассчитанного санитарного попуска. В среднем течении рек и в низовьях в годы достаточной водности превышение величины рассчитанного санитарного попуска над естественным стоком не наблюдается.

Были проведены следующие работы:

- Создана локальная база данных по стоку рек бассейна Аральского моря (среднемесячные расходы воды), расчета основных гидрологических характеристик, применяемые в расчете санитарного попуска.
- Создан интерфейс, управляющий базой данных и производящий расчет основных гидрологических характеристик стока в створе и величину санитарного попуска на участке.

Ниже приводится интерфейс данной программы

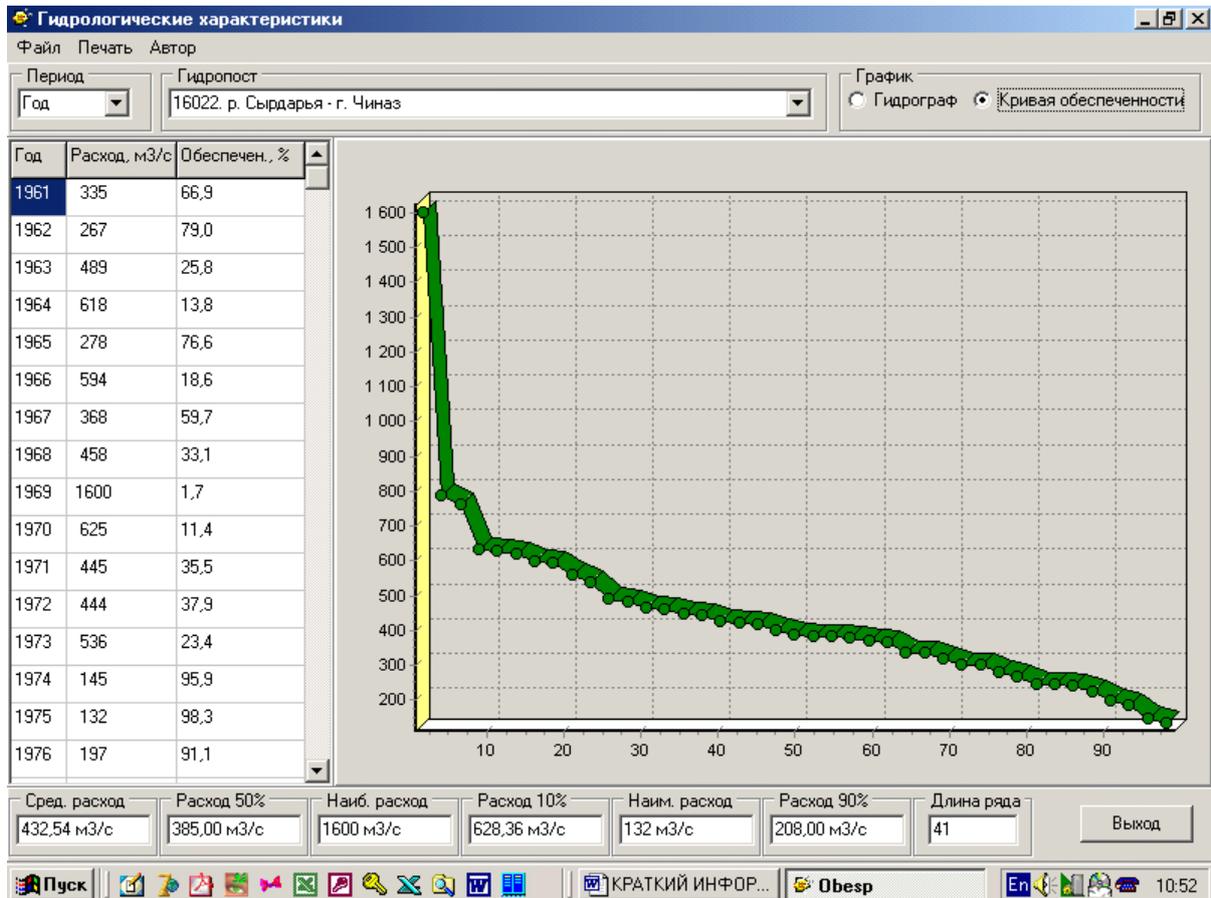


Рис. 2

В следующем 2004 году ожидаются работы по уточнению коэффициентов расчета потребности населения в питьевой воде и интегрирование компьютерных моделей расчета попусков в модель ASB-MM.

По окончании работы в 2005 году ожидается составление методических рекомендаций и получение норм попусков, дифференцированных по времени, водности и территории в виде номограмм.

## 2.6. РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК И МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ, ВКЛЮЧАЯ КАСКАДЫ ГИДРОУЗЛОВ

А.С. Никулин, Д.А. Сорокин

Цель работы: разработка и адаптация информационной системы, обеспечивающей накопление, хранение и анализ информации для решения задач автоматизации управления водными ресурсами трансграничных рек и магистральных каналов, включая каскады гидроузлов.

В рамках данной темы перед нами стоит задача создания базы данных в увязке с комплексом моделей как составных частей информационной системы для управления водными ресурсами трансграничных рек и магистральных каналов.

Объектами исследований являются потоки информации от основных элементов гидрологической сети трансграничных рек и каналов, как-то водозаборы, сбросы с каналов, КДС, боковые притоки, водохранилища, гидросты, со своими характеристиками и свойствами. Предметом рассмотрения являются также функциональные связи этих объектов.

Предлагается разработать структуры основных объектов базы данных информационной системы, обеспечивающих взаимодействие с блоком моделей. Использование разработанных структур позволит включить в информационную систему данные из WARMIS и др.

Были проведены следующие работы:

- Произведен сравнительный анализ существующих информационных систем (WARMIS и т.д.) с целью использования существующей информации объектов.
- Проведена классификация объектов предметной области создаваемой информационной системой.
- Выявлены категории объектов со своими характеристиками.
- Подготовлены описания связей, определяющих информационные потоки между объектами информационной системы.
- Подготовлены структуры базы данных, соответствующие объектам информационной системы.
- Произведено кодирование объектов базы данных методом прямого порядкового кодирования, являющихся общими для всех уровней иерархии базы данных информационной системы.

Все перечисленные выше базы данных реализованы с помощью СУБД Access со схожей структурой, что делает возможным унифицировать подход к преобразованию данных объектов в объекты информационной системы.

На основе анализа существующих баз данных, разработки информационной структуры новой базы данных и определения процедур преобразования данных под новую структуру были получены следующие принципы построения информационной системы:

- Информационная система будет представлять собой реляционную базу данных, состоящую из таблиц с текстовыми и числовыми данными. База данных будет содержать информацию по водным и земельным ресурсам, их использованию, климату, экономическим показателям и качеству воды.

- В соответствии с источником данных, данные можно разделить по следующим уровням: первичный, вторичный и третичный.
- Данные можно сгруппировать по предметным признакам объекта, к которому они принадлежат.
- Основной пространственной единицей (бассейновой) Базы данных будет являться зона планирования. Таким образом, различные таблицы базы данных могут быть связаны посредством этой общей единицы.
- Основной единицей времени является месяц.

Далее были разработаны принципы процедур преобразования объектов базы данных WARMIS в объекты базы данных информационной системы.

С этой целью создается переходная таблица, которая содержит коды объектов в WARMIS, WUFMAS и создаваемой информационной системы. С помощью связи кодов информация по объектам переносится из базы данных WARMIS и WUFMAS в базу данных информационной системы.

Техническое решение данного алгоритма следующее. Базы данных вышеперечисленных систем разработаны с помощью приложения MS Access 97, которое является сервером автоматизации COM (технологический стандарт, описывающий структуру объекта и способы взаимодействия объектов друг с другом и с приложениями в среде Windows). Работа корпорация Microsoft скрыло интерфейс этого сервера COM, сделав его по каким-то собственным соображениям недоступным.

Поэтому при разработке алгоритма перевода информации из одной базы в другую доступ к интерфейсу придется формировать во время работы программы, используя технологию позднего связывания.

Для этого в ходе работы программы создается динамический объект OLE (технология внедрения и связывания объектов), который способен поддерживать обмен данными между объектами.

Таким образом, алгоритм передачи информации следующий после запуска программы следующий:

- По переходной таблице определяются объекты старой и новой баз данных для передачи информации;
- По таблице описания создается структура таблицы новой базы данных;
- Динамически создаются OLE объекты старой и новой таблицы для передачи информации;
- Переписывается информация из старой таблицы в новую базу данных, согласно ее структуре.
- OLE объект новой таблицы запоминается как таблица базы данных новой информационной системы.

Были проведены следующие работы:

- Произведено полностью преобразование объектов WARMIS в объекты информационной системы
- Полностью заполнены базы данных информационной системы по блокам информации – «Воды» и «Земля» из базы данных WARMIS, а так же из базы данных Гидрометслужбы Республики Узбекистан.

## 2.7. РАЗРАБОТКА НОВЫХ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОКУМЕНТОВ ВОДНОГО ПРАВА ГОСУДАРСТВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ, ВКЛЮЧАЯ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.Р. Зиганшина

«С экосистемной точки зрения правовые аспекты международных речных бассейнов являются главным источником неэффективности и конфликтов при управлении водными ресурсами. Эти конфликты отражают множество проблем правовых аспектов управления водными ресурсами, которые могут исходить из вопросов связанных с распределением водных ресурсов в стране либо управлением или разделении воды между прибрежными странами международного речного бассейна». <sup>2</sup> В то же время, как ни парадоксально это звучит, именно сейчас благодаря такому положению дел, у государств появился реальный шанс резко изменить ситуацию к лучшему, так как «возможность позитивного развития становится реальной только тогда, когда исчерпаны до предела возможности негативного развития». <sup>3</sup>

Международно-правовое регулирование управления трансграничными речными бассейнами является сложной задачей, которая не всегда четко понимается. Несмотря на наличие политической заинтересованности, выраженной в различных декларациях, и реальной потребности в адекватном правовом регулировании, процесс международного правотворчества в области охраны и рационального использования трансграничных водных ресурсов происходит довольно медленно, что, возможно, вызвано отношением к праву как к жесткому и не всегда эффективному регулятору отношений. Подобные оценки, на наш взгляд, вряд ли можно признать справедливыми, наоборот, предназначение международного права как раз и заключается в поиске баланса интересов. Координации действий отдельных стран можно достигнуть «только посредством современного международного права как свода правил поведения, представляющего собой результат согласования воли, позиций и интересов государств». <sup>4</sup> «В новых условиях, – совершенно справедливо отмечает И. И. Лукашук, – традиционные механизмы саморегулирования, такие, как равновесие сил, оказываются малопригодными и подлежат замене механизмами целенаправленного управления, основанными на демократическом сотрудничестве. Баланс сил должен быть заменен балансом интересов. Гармонизация общих и национальных интересов – гарантия тех и других, основа нового мирового порядка. Справедливый порядок может иметь надежную опору не в равенстве сил, а в равенстве прав и обязанностей, а также в особой ответственности могучих держав». <sup>5</sup> Поэтому задачей регионального сотрудничества в целом, и в области трансграничных водных ресурсов в частности, является создание таких отношений, которые позволят региону устойчиво существовать и развиваться. Совершенствование правовых механизмов управления и использования водных ресурсов трансграничных водотоков является одним из основных направлений данного процесса, на развитие которых и направлена данная научная работа. В соответствии с рабочей программой в течение 2003 года

---

<sup>2</sup> Le Huu Ti. Potential water conflicts and sustainable management of international water resources systems. / Water Resources Journal. Sept. 2001., p.3

<sup>3</sup> Поздняков Э., Шадрин И. О гуманизации и демократизации международных отношений // Мировая экономика и международные отношения. 1989. № 4. С. 18.

<sup>4</sup> Верещетин В.С., Мюллерсон Р.А. Указ. соч. С. 3-4.

<sup>5</sup> Лукашук И.И. Нормы международного права в международной нормативной системе. М., 1997. С. 14.

была собрана необходимая информация, намечены пути и методы решения задач НИР, проведен предварительный анализ основных положений региональной водной стратегии в бассейне Аральского моря и национальных приоритетов государств в данной сфере, осуществлен обзор теории международного водного права и водного права стран ЦАР по исследуемым вопросам, изучены новейшие отечественные и международные научные разработки в области теории и практики международных водных отношений, на основе чего предложены предварительные рекомендации по внедрению полученных результатов.

После обретения независимости государства Центральной Азии стали самостоятельно выбирать пути дальнейшего развития, у каждой страны сложились национальные приоритеты, которые зачастую не совпадают с интересами других стран бассейна. Такой дисбаланс не мог не отразиться на отношениях в сфере совместного использования и управления трансграничными водными ресурсами бассейна. Поэтому вполне закономерно, что в настоящий момент требуется установление соответствующего правового регулирования межгосударственных отношений в данной сфере. Заключение соглашений вызвано необходимостью пересмотра ранее действующих положений, не отвечающим требованиям сегодняшнего дня, а также фиксации сложившихся за последние годы отношений, удовлетворяющих все государства бассейна. В Конвенции по охране и использованию трансграничными водотоками и международными озерами, в числе прочих, подчеркивается важность сотрудничества между странами-членами в области охраны и использования трансграничных вод в первую очередь «путем разработки соглашений между прибрежными странами, граничащими с одними и теми же водами, особенно в тех случаях, когда такие соглашения пока еще не достигнуты»<sup>6</sup>. Главной целью соглашений должно стать удовлетворение национальных интересов государств в увязке с региональными интересами. Для этого необходимо синтезировать позиции всех стран и региона в целом, а также конфликтующие интересы различных сфер общественных отношений. Успешное решение проблемы требует проведения значительного числа организационных и исследовательских мероприятий, позволяющих в конечном итоге найти компромисс, удовлетворяющий интересы всех участников.

1.1. В данном предварительном исследовании предлагается изучить проблемы путем составления матрицы интересов, основная цель применения которой согласование конфликтующих позиций. Составление матрицы требует постоянного поиска компромиссов между всеми участниками процесса, поэтому успешное решение такой задачи несоизмеримо поднимает общий, совокупный интерес по сравнению с ситуацией, когда не проведена работа по согласованию позиций. Поскольку процесс достижения компромисса предусматривает постоянное совершенствование нормативно-правовой базы, матрицу интересов можно рассматривать в качестве начального пункта исследования, когда конфликт интересов является явно выраженным, и в то же время необходим поиск взаимоприемлемых решений.

В построении базисной матрицы интересов государств Центральной Азии за основу были взяты методические подходы построения и развития региональной водной стратегии бассейна Аральского моря<sup>7</sup>, учитывалась необходимость рассмотрения как соотношений региональных и национальных, так и межсекторальных интересов, а также тесная взаимоувязка всех аспектов проблемы (табл. 1).

Первоначально необходимо зафиксировать основные интересы региона и государств: политические, экономические, социальные и экологические (список не исчер-

<sup>6</sup> Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Юридический сборник НИЦ МКВК, № 2. Т., 1997, с. – 15.

<sup>7</sup> Основные положения региональной водной стратегии в бассейне Аральского моря. Краткое изложение. 1997. – с.10.

пывающий, могут быть включены дополнительные параметры). Вторая ось отражает основные сферы общественных отношений: политика, экономика, социальная сфера и экология (перечень также может быть расширен). Данная взаимосвязь исследуется в увязке отношений регион-государство и между отдельными государствами (по горизонтали).

Рассмотрение пересекающихся ячеек, позволяет выявить соотношение интересов региона и отдельного государства в соответствующих сферах общественных отношений, какие из них и в какой сфере находятся в конфликте. Диагностируя на наличие конфликта интересов, в случае необходимости расширяем исследуемую область, например, в экономической сфере водных отношений региона конфликт явно выражен в отрасли сельского хозяйства и энергетика, что требует более детального рассмотрения.

Чтобы применить данную схему для сопоставления интересов государств и региона в отношении заключаемых соглашений по трансграничным водным ресурсам необходимо, исключив строку «сферы общественных отношений», исследовать каждое отдельное соглашение, которое следует рассматривать как третью ось, не зафиксированную в таблице 2.

Например, сопоставление экологических интересов Узбекистана и региона, затрагиваемых Соглашением «Об укреплении организационной структуры управления, охраны и развития трансграничных водных ресурсов в бассейне Аральского моря», отражено в нижней левой ячейке. Эта лишь основная схема, которую потребуется расширить для более детального изучения, ведь экологические интересы в свою очередь включают различные аспекты, требующие рассмотрения.

Данная таблица может способствовать выявлению направлений, по которым позиции стран совпадают, расходятся незначительно или совершенно не совпадают. Однако нельзя прийти к результату путем простого арифметического сложения. Так как не все рассматриваемые аспекты являются равнозначными: допустим, если нет политической заинтересованности и воли, то заключение соглашения невозможно, и, наоборот, существующие противоречия в социальной сфере можно устранить или компенсировать другими элементами. Все аспекты следует рассматривать во взаимосвязи. Если матрица интересов согласована по всем участникам и сферам, соглашение будет успешным; если матрица интересов хотя бы по одному участнику или сфере интересов не согласована, вероятность его заключения мала (либо вообще отсутствует), а в случае его заключения ее эффективность сомнительна.

Усилению действенности и эффективности соглашений, в числе прочих, способствует участие в соглашениях всех стран бассейна. Поэтому, рассматривая интересы государств бассейна Аральского моря, необходимо учитывать и интересы Афганистана. В приведенной матрице они не были рассмотрены, в связи с тем, что Афганистан в настоящее время не принимает участия в совместном использовании и управлении, и соответственно в подготовке проектов соглашений. Тем не менее, в проекты соглашений необходимо включить положения, которые будут предусматривать возможность его присоединения. В таблице 3 приведены предложения, отражающие необходимость внесения изменений в статью 12 проекта Соглашения «Об укреплении организационной структуры управления, охраны и развития трансграничных водных ресурсов в бассейне Аральского моря» от 22 мая 2000 г. и включения в проект статьи о присоединении.

Таблица 1

## Матрица интересов государств Центральной Азии

Интересы	Государства ЦА																					
	Регион																					
	Кыргызстан				Казахстан				Таджикистан				Туркменистан				Узбекистан					
	П	Эн	С	Эл	П	Эн	С	Эл	П	Эн	С	Эл	П	Эн	С	Эк	П	Эн	С	Эл		
Политические																						
Экономические																						
Социальные																						
Экологические																						

Сокращения: Сферы общественных отношений: П – политика; Эн – экономика; С – социальная сфера; Эл - экология

Таблица 2

## Матрица интересов государств Центральной Азии по проектам соглашений

Интересы	Государства ЦА				
	Регион				
	Кыргызстан	Казахстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан
Политические					
Экономические					
Социальные					
Экологические					

Предложения по внесению изменений в проект Соглашения  
«Об укреплении организационной структуры управления, охраны и развития  
трансграничных водных ресурсов в бассейне Аральского моря» от 22 мая 2000 г.

<b>Исходный вариант</b>	<b>Предлагаемый вариант</b>
<p><b>Статья 12</b> <b>ВСТУПЛЕНИЕ В СИЛУ</b></p> <p>12.1 Это Соглашение подлежит ратификации и вступает в силу в течение 30 дней после депозита.</p> <p>12.2 Данное Соглашение вступает в силу с _____ 200_ г. Каждая Сторона может выйти из настоящего Соглашения посредством предоставления письменного уведомления депозитариев за 12 месяцев до ее выхода.</p> <p>12.3 Данное Соглашение будет зарегистрировано у Генерального Секретаря Организации Объединенных Наций в соответствии со Статьей 102 Устава ООН.</p> <p>Совершено в г. _____ “ ” _____ 200_ года, на русском языке, в одном экземпляре и хранится в Депозитарии. Депозитарий направляет заверенную копию настоящего Соглашения каждой из Сторон.</p>	<p><b>Статья 12</b> <b>Присоединение</b></p> <p>12.1. Другое государство бассейна [Афганистан], согласившееся на обязательность для него настоящего Соглашения, может стать его Стороной. [с предварительного согласия всех Сторон].</p> <p><i>либо</i></p> <p>12.1. Настоящее Соглашение открыто для присоединения других стран бассейна [с предварительного согласия всех Сторон].</p> <p><i>либо</i></p> <p>12.1. К настоящему Соглашению может присоединиться другое государство бассейна.</p> <p><b>Статья 13</b> <b>Заключительные положения</b></p> <p>13.1. Настоящее Соглашение подлежит ратификации и вступает в силу на ___ день после депонирования пятой ратификационной грамоты у депозитария. В качестве депозитария настоящего Соглашения выступает _____ . [Депозитарием может быть одно или несколько государств, международная организация или главное исполнительное должностное лицо такой организации.]</p> <p>13.2. Для присоединившейся Стороны Соглашение вступает в силу на ___ день после сдачи документов о ратификации (принятии) в депозитарий.</p> <p>13.3. О своем намерении денонсировать Соглашение или выйти из него Сторона направляет письменное уведомление депозитарию не менее чем за двенадцать месяцев.</p> <p>13.4. Настоящее Соглашение подлежит регистрации в Секретариате Организации Объединенных Наций в соответствии со статьей 102 Устава ООН.</p>

1.2. Проведенный в ходе научно-исследовательской работы обзор теоретических положений в сфере международных водных отношений и анализ правового опыта по разработке нормативной базы на трансграничных бассейнах позволил в первую очередь обосновать необходимость скорейшего заключения бассейновых соглашений, которые призваны:

- Обеспечить правовую рамку для поддержания дальнейшей интеграции различных аспектов управления трансграничными водными ресурсами
- Создать согласованные принципы в качестве «кодекса поведения» в пределах бассейна, которые могут направлять дальнейшую деятельность государств
- Объединить в единую юридическую форму многочисленные положения как обязательного, так и рекомендательного характера
- Укрепить организационную структуру бассейнового регулирования
- Стимулировать развитие национальных законодательств, а также соответствия их нормам международного водного права и их гармонизации в пределах бассейна
- Развивать нормативно-правовую базу международного (регионального) водного права
- Содействовать осуществлению согласованной деятельности лиц, принимающих решения, сберегать ресурсы и время объединением в одном инструменте норм
- Укреплять консенсус на основе региональных правовых норм, так как не все государства участники основных международных конвенций по водным ресурсам и окружающей среде
- Заложить общие основы, которые в дальнейшем будут совершенствоваться и развиваться.

Проведенный анализ управления на других речных бассейнах показывает, что самый эффективный способ достижения эффективного регулирования – это создание бассейновых организаций. В бассейне Аральского моря «с целью утверждения принципов коллегиальности принятия решений по общим водохозяйственным вопросам, а также мер по реализации совместно намеченных программ на основе взаимного уважения интересов сторон»<sup>8</sup> создана Межгосударственная координирующая водохозяйственная комиссия. В настоящее время назрела необходимость усиления эффективности деятельности Комиссии, в связи с чем ведется работа по разработке проекта соглашения «Об укреплении организационной структуры управления, охраны и развития трансграничных водных ресурсов в бассейне Аральского моря». В ходе проведенных исследований предлагается внести некоторые изменения в данный проект, в частности пересмотреть цель соглашения. На наш взгляд, целью Соглашения не может быть «определение состава, функций и сферы ответственности межгосударственных организаций, занятых в управлении трансграничными водными ресурсами бассейна Аральского моря». Их можно рассматривать лишь как средство достижения цели, которой в данном случае может выступать достижение эффективно функционирующей организационной структуры. Предлагаемый вариант: «с целью достижения эффективно функционирующей (либо с целью укрепления) организационной структуры управления, охраны, использования и развития трансграничных водных ресурсов в бассейне Аральского моря путем определения состава, полномочий и ответственности...».

Четкое определение цели соглашения имеет важное значение, так как если соблюдение является успехом, измеримым на фоне положений договора, то эффектив-

<sup>8</sup> Положения и уставы межгосударственных организаций бассейна Аральского моря. Юридический сборник НИЦ МКВК, № 3. – Т., 1998. – с. 41.

ность является успехом, измеримым на фоне достижения целей соглашения. И если будет определен состав, а структура не действует эффективно надо полагать цель соглашения не достигнута.

На стадии разработки следует задуматься и предусмотреть в соглашениях процедуры обзора осуществления и соблюдения соглашений. Подобные процедуры предусмотрены, например, в Конвенции 1992 года «По охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер и в Протоколе к нему от 2003 года «О гражданской ответственности и компенсации за ущерб, причиненный трансграничным воздействием промышленных аварий на трансграничные воды»: «...На своих совещаниях Стороны рассматривают ход осуществления настоящей Конвенции и с этой целью: а) осуществляют обзор политики и методологических подходов Сторон к охране и использованию трансграничных вод с целью дальнейшего улучшения охраны и использования трансграничных вод; б) обмениваются информацией об опыте, накопленном при заключении и осуществлении двусторонних и многосторонних соглашений или других договоренностей в отношении охраны и использования трансграничных вод, участниками которых являются одна или более Сторон; с) ...» (Нью-йоркская Конвенция 1992 года; ст. 17).

Причем нельзя рассматривать и развивать данные процедуры как контроль за государствами, да это и не возможно, так как сторонами соглашений являются суверенные государства, а скорее как «позитивные меры и стимулы, направленные на содействие соблюдению»<sup>9</sup>.

1.3. В ходе изучения новейших научных разработок в области теории и практики международных водных отношений особое внимание было уделено деятельности Комитета по праву водных ресурсов Ассоциации международного права, которая ведет работу по обновлению Хельсинских правил 1966 года. Проект обновленных правил в основном сфокусирован на вопросах «справедливого использования международных разделяемых вод, защите окружающей среды и разрешению международных водных споров». В числе прочих, предлагается дополнить Правила статьей «О достаточном речном стоке», которая предусматривает, что государства индивидуально либо в сотрудничестве с другими странами бассейна будут принимать все разумные меры для обеспечения стока достаточного для защиты биологической, химической и физической целостности международного водотока, в том числе зон эстуариев.<sup>10</sup>

Другой научной разработкой, которую необходимо отметить, является реализация Научно-исследовательским институтом международного водного права Университета Данди, Шотландия трехгодичного проекта с целью разработки, создания и испытания практического инструмента – Модели Правовой Оценки, предназначенной для «предоставления возможности любому государству трансграничного водотока определить свои права и обязанности, относительно совместно используемых водотоков (в соответствии с правовой нормой справедливого и разумного использования)».<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> Geneva strategy and framework for monitoring compliance with agreements on transboundary water. MP.WAT/2000/5.

<sup>10</sup> The Legal Assessment Model. International water Law Research Institute, University of Dundee, Scotland, UK. <[www.dundee.ac.uk/law/iwlrj](http://www.dundee.ac.uk/law/iwlrj)>

<sup>11</sup> Third Report of Water Resources Committee, International Law Association, New Delhi Conference (2002).

## Заключение

На основе анализа правового опыта по разработке нормативной базы на других бассейнах подготовлены следующие предварительные рекомендации по их применению в условиях региона:

- Сближение национальных правовых систем как особое направление сотрудничества государств может осуществляться исключительно при помощи международно-правовых средств. Вне международных обязательств, принимаемых на себя государствами, создание эффективных правовых регуляторов в виде единых и единообразных нормативных предписаний невозможно.
- Реформирование правовой базы должно принимать во внимание успехи предшествующей деятельности в этом направлении.
- Больше внимание уделить терминологии, что позволит ясно и однозначно трактовать используемые в проектах соглашений термины и понятия (терминологический глоссарий).
- Предпочтительнее, чтобы текст соглашений охватывал лишь материальные положения, оставляя технические спецификации для изложения в специальных инструкциях.
- Разрабатываемые соглашения должны быть политически, экономически и социально приемлемыми и осуществимы в рамках всего региона.
- При разработке новых соглашений, работа должна быть ориентирована на установление гибких критериев для облегчения эффективного применения в различных ситуациях, но в то же время избегать их двусмысленного понимания и толкования.
- Необходимо предусмотреть механизмы для предотвращения и разрешения споров, согласительные процедуры. Уделить большее внимание скорее превентивным мерам, чем последующим мерам ответственности.
- Каждая страна должна прилагать усилия для разработки комплекса технических, правовых и административных механизмов для обеспечения исполнения международно-правовых норм
- Предусмотреть возможность мониторинга соблюдения соглашений.
- Рассматривая интересы государств бассейна Аральского моря, необходимо учитывать и интересы Афганистана.

В заключении можно сделать два обобщающих вывода из этого предварительного исследования. Первое: в то время как в целом современное положение в регионе требует развития сотрудничества во всем направлениям, некоторые аспекты являются значительно более чувствительными по сравнению с другими. В таких сферах отсутствие гармонии и эффективного правового регулирования может ухудшить ситуацию в регионе в целом. Очевидно, что такая опасность в отношении совместного использования трансграничных ресурсов бассейна существует, и она может привести к такому положению, когда неизбежны конфликты.

Второй вывод логически вытекает из первого. Отмечая важность разработки и усовершенствования правовых механизмов, необходимо усилить внимание к этим процессам на государственном уровне, а затем совместными усилиями государств стремиться к достижению согласования интересов на региональном. Соответствующая подготовка будет содействовать нахождению общей основы для успешной и взаимовыгодной реализации задач в процессе обсуждения проблем даже с достаточно сильно различающимися на первый взгляд интересами участников.

## 2.8. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЮ СТОКА В МНОГОЛЕТНЕМ РАЗРЕЗЕ С УЧЕТОМ СТОХАСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬИ

А.И.Тучин, А. Белоглазов

### 1. Введение

Цель работы - разработка моделей и программного обеспечения для управления распределением стока в многолетнем разрезе с учетом стохастических характеристик бассейна реки Сырдарья

Объектом исследований является бассейн реки Сырдарья, рассматриваемый с позиций теории оптимального управления сложными водохозяйственными комплексами.

Водохозяйственный комплекс, по современной классификации, относится к сложной много иерархической системе, где на каждый уровень иерархии возлагается ответственность за выполнение определенного круга задач. Основными объектами, через которые осуществляется управление водохозяйственным комплексом, являются водно-энергетические и ирригационные сооружения, выполняющие перераспределение объема водных ресурсов во времени и пространстве. Сложность проблемы управления водохозяйственным комплексом обусловлена, как стохастической природой самого стока реки, так и большим количеством объектов управления, спроектированных и построенных в разное время, и часто не удовлетворяющих предъявляемым к ним современным требованиям по управлению. В сложных иерархических системах помимо уравнений, описывающих траекторию объектов и критерия оценки качества управления, существует третий вид уравнений, отражающих метод сжатия (агрегирования) информации при переходе от уровня к уровню, таким образом под термином «модель» в данной работе подразумевается все три типа уравнений, участвующих в описании динамики системы. Следует отметить, что неопределенность в исходной информации водохозяйственных задач не является исключительно прерогативой стока реки, поскольку любое осреднение физических характеристик по времени или пространству создает ту же неопределенность. Например, основная неопределенность у крупных орошаемых массивов проявляется через осреднение таких показателей, как: уровень грунтовых вод, дренажный модуль, степень засоленности почв и т.п. Этим мы не отмечаем весь круг детерминированных моделей, разработанных для водохозяйственных задач, а лишь акцентируем внимание на том, что при их использовании необходимо четко ограничивать контур вопросов, по которым могут приниматься те или иные управляющие решения.

### 2. Проблемы многолетнего регулирования

Основные емкости ВМР реки Сырдарья были спроектированы по среднесноголетним и среднегодовым характеристикам стока на основе водопотребления в перспективе и в предположении единого экономического пространства для всего бассейна реки. Образование в бассейне Аральского моря пяти суверенных Государств с независимыми экономическими критериями, коренным образом изменило саму точку зрения на методы регулирования стока реки за счет ВМР. Действительно, пусть  $\Delta W$  – дополнительный объем гарантированного водозабора, полученного за счет управления ВМР, поскольку ВМР не увеличивают общий объем стока реки, а лишь перераспределяют его

во времени, можно точно с такой же степенью гарантии утверждать, что низовья реки недополучат воду в объеме  $\Delta W + \delta W$ , где  $\delta W$  - неизбежные потери, возникающие при любом регулировании (испарение, фильтрация, холостые сбросы). Учитывая право на воду каждым Государством, определенное Межгосударственным соглашением, перед ВМР возникает совершенно иная задача, а именно – обеспечение пропорционального (по водности года) распределения стока между Государствами - участниками бассейна реки. Изменение требований к функционированию ВМР создало ряд дополнительных проблем в управлении, обусловленных как чисто техническими трудностями (например, комплекс гидротехнических сооружений, расположенный ниже ВМР имеет ограниченную пропускную способность в зимний период времени), так и экономическими. Последнее связано с тем, что территории сельскохозяйственных угодий, где требуется гарантированная подача воды, и ВМР, осуществляющих эту гарантию, принадлежат, как правило, разным Государствам! Основным многолетним регулятором стока в бассейне реки Сырдарья, является Токтогульское водохранилище, расположенное на территории Республики Кыргызстан, а территории сельскохозяйственных угодий, требующие гарантированную водообеспеченность, в Республиках Узбекистана и Казахстана.

### 3. Стохастические модели многолетнего регулирования

Эффективность использования стохастических методов в задачах многолетнего регулирования обусловлена, в первую очередь, стохастической природой самого гидрологического стока, на который опираются любые водохозяйственные расчеты. Стохастические методы опираются не на конкретные значения стока, а на функции распределения (правда последние получают путем обработки конкретных значений стока). Результаты решения стохастических задач обычно выражаются в терминах вероятности получения того или иного значения параметра или в форме некоторых функций или правил, увязывающих параметры между собой. Для конкретизации наших рассуждений увяжем величину возможного отбора воды из бассейна реки с пространственным расположением ВМР. Для получения количественной оценки величины возможного отбора воды из бассейна реки рассмотрим вероятностный процесс сработки и наполнения водохранилища (чтобы не затруднять выкладки, будем полагать, что бассейн регулируется одним ВМР). Пусть  $W_1$  - часть стока бассейна реки, которая проходит через ВМР, а  $W_0$  – общий сток бассейна, включающий и ту часть стока, которая проходит вне ВМР, т.е.  $W_1 \subset W_0$ .  $W_1$  и  $W_0$  – являются случайными величинами с известными функциями распределения  $F_1(x)$  и  $F_0(x)$ , ( $F_i(x) = P(W_i < x)$ ,  $i \in 0,1$ ). Обозначим через  $W^0$  – величину стока, отбираемого из бассейна, и рассмотрим процесс сработки и наполнения емкостей ВМР. Сработка емкостей ВМР происходит в случае  $W_0 < W^0$  и равна  $W^0 - W_0$ , при  $W_0 > W^0$  сработки емкостей ВМР не происходит. Математическое ожидание объема сработки из ВМР можно записать в виде:

$$\Delta W = W^0 - \int_0^{W^0} x dF_0(x) - W^0 \int_{W^0}^{\infty} dF_0(x) \quad (1)$$

Наполнение емкостей ВМР может осуществляться при  $W_0 > W^0$ , причем накоплению подлежит лишь сток, проходящий через створ ВМР. Введем функции  $f_0(F)$  и  $f_1(F)$ , обратные к функциям  $F_0(x)$  и  $F_1(x)$  соответственно. Через  $W^{\max}$  обозначим максимальный объем ВМР. Тогда процесс наполнения ВМР можно описать следующей функцией:

$$Y(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 < x < W^0 \\ \min [x - W^0, f_1(F_0(x)), W^{\max}] & \text{при } W^0 < x < \infty \end{cases} \quad (2)$$

Математическое ожидание накапливаемого объема в ВМР будет иметь следующий вид:

$$\Delta W^+ = \int_{W^0}^{\infty} \min [x - W^0, f_1(F_0(x)), W^{\max}] dF_0(x) \quad (3)$$

В выражении (3) сразу учтено, что интеграл от первого элемента формулы (3.2) равен нулю. Для устойчивой работы ВМР в многолетнем разрезе (возможность наполнения емкостей ВМР) должно выполняться неравенство:

$$\Delta W^+ \geq \Delta W^- \quad (4)$$

Подставляя выражения для  $\Delta W^+$  и  $\Delta W^-$  в (4) и группируя их относительно  $W^0$ , после несложных преобразований получим:

$$W^0 \leq \left\{ \int_0^{\infty} x dF_0(x) + \int_0^{W^0} \min [x - W^0, f_1(F_0(x)), W^{\max}] dF_0(x) \right\} / \int_0^{\infty} dF_0(x) \quad (5)$$

Знак равенства в выражении (5) дает то предельное значение величины водоотбора, которого можно требовать от любого бассейна реки. Эту величину можно назвать предельной природно-технологической мощностью бассейна.

Теперь можно дать количественную оценку понятию работы бассейна в напряженном режиме. Пусть  $W^{\text{TP}}$  – объем стока, требуемый всеми участниками бассейна, через  $k$  – обозначим коэффициент повторности использования стока ( $0 \leq k \leq 1$ ), а через  $W^{\text{II}}$  – суммарные потери стока в бассейне (поскольку потери стока могут быть функцией самого стока, то под  $W^{\text{II}}$  будем понимать математическое ожидание потерь). Тогда условие напряженности работы бассейна можно записать в виде:

$$\begin{aligned} W^0 &> W^{\text{TP}}(1 - k) + W^{\text{II}} - \text{не напряженный} \\ W^0 &\leq W^{\text{TP}}(1 - k) + W^{\text{II}} - \text{напряженный} \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, напряженный режим работы бассейна предполагает наличие среднесноголетнего дефицита, равного:

$$D = W^{\text{TP}}(1 - k) + W^{\text{II}} - W^0 \quad (7)$$

Далее будут рассматриваться ситуации в предположении что  $D > 0$ , поскольку для бассейнов рек где  $D < 0$ , как правило, задача сработки емкостей ВМР не является основной (там актуальными могут быть задачи борьбы с паводками и т.п.). Пусть  $W_{\Gamma}$  – объем воды в ВМР в текущем году, а  $W^M$  – теоретический среднесноголетний объем воды в ВМР. Этот объем определяется при проектировании ВМР и является расчетным. По  $W^M$  и  $z(W^M)$  ( $z$  – отметка горизонта воды в ВМР), выбирают оборудование для ГЭС, назначают гарантированную отдачу и т.п. Величину  $W^M$  нужно рассматривать лишь

как математическое ожидание наполнения ВМР, которое для него является оптимальным (это наполнение не может не быть оптимальным, иначе теряется весь смысл проектных проработок). Исходя из вышеизложенного сформулируем два основных требования, определяющих стратегию управления бассейном и ВМР.

**Требование 1.** *Осуществляя покрытие дефицита в текущем году, лицо, принимающее решение (ЛПР), должно стремиться к выполнению следующего условия:*

$$\lim_{r \rightarrow \infty} M[D_r] = D \text{ при условии, что } M[D_r] < D \forall r \quad (8)$$

**Требование 2.** *Выполняя сработку (наполнение) в текущем году ЛПР должно стремиться к тому, чтобы:*

$$\lim_{r \rightarrow \infty} M[W_r] = W^M \quad (9)$$

здесь:  $M[D_r]$  и  $M[W_r]$  – математическое ожидание фактического дефицита и наполнения ВМР соответственно.

Первое требование выделяет ту область в пространстве решений, где может существовать оптимум. Нарушение этого требования приведет к постепенному опорожнению ВМР при любых экономических критериях.

Второе требование в основном отражает интересы энергетики и может стать источником противоречий между энергетикой и ирригацией, особенно сильно выраженным в бассейнах рек с большой амплитудой интегральных отклонений от среднего. Эти два требования позволяют сформулировать следующую задачу определения оптимальной стратегии сработки (наполнения) ВМР. Пусть  $\{r=1,2,\dots,R\}$  – период лет, на котором исследуется стратегия управления ВХК. Определим  $W_0^r$  – как годовой сток в бассейне в  $r$ -ом году, а через  $\varphi(W_0^r)$  – обозначим часть стока проходящую через ВМР (если коэффициент корреляции между стоком в створе ВМР и стоком в бассейне близок к единице, то  $\varphi(W_0^r)$  можно рассматривать как детерминированную функцию случайного переменного, (в противном случае определить ее как случайную функцию случайного аргумента). Уравнение сохранения массы, выписанное для бассейна, дает:

$$D^r = \begin{cases} W^0 - W_0^r - \Delta W_r & \text{при } W^0 > W_0^r + \Delta W_r \\ 0 & \text{при } W^0 < W_0^r + \Delta W_r \end{cases} \quad (10)$$

здесь:  $D^r$  – дефицит  $r$ -го года,  $\Delta W_r$  – объем попуска из ВМР в  $r$ -ом году ( $\Delta W_r > 0$  – сработка ВМР,  $\Delta W_r < 0$  –наполнение ВМР).

Из аналогичного уравнения, записанного для ВМР, имеем:

$$W_{r+1} = W_r - \Delta W_r, \forall r \in \{0,1,2,\dots,R\} \quad (11)$$

Из физических ограничений имеем:

$$W^{\min} \leq W_r \leq W^{\max}, \forall r \in \{0,1,2,\dots,R\} \quad (12)$$

Физические ограничения на величину попуска можно не накладывать, так как они всегда выполняются в силу технологических ограничений:

$$\varphi(W_0^r) + \Delta W_r \geq W^{\text{треб}} \quad (13)$$

$W^{\text{треб}}$  – требование, диктуемое санитарными нормами, условиями судоходства и т. п.

Критерий качества управления бассейном и ВМР теперь можно сформулировать в виде:

$$L = \min_{\Delta W_r, r \in \{R\}} [\alpha_1 \sum f_1(D^r) + \alpha_2 \sum f_2(W^M - W_r)] \quad (14)$$

где:  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты Паретто ( $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ ),  $f_1(D)$  – функция ущерба в бассейне от дефицита водных ресурсов,  $f_2(W^M - W_r)$  – функция ущерба в бассейне от недопроизводства электроэнергии.

Из (3.14) уже видно, что стратегия управления бассейном и ВМР должна иметь двухкомпонентную структуру, т.е.:

$$\Delta W_r = Y(D^r, DW^r), \text{ где } DW^r = W^M - W_r \quad (15)$$

По физическому смыслу  $\partial f_1 / \partial D^r > 0$ ,  $\partial f_2 / \partial DW^r > 0$ , поэтому для любой структуры, выбираемой для поиска оптимальной стратегии управления бассейном и ВМР, должны выполняться условия:

$$\partial Y / \partial D^r \geq 0; \partial Y / \partial DW^r \leq 0, \forall r \in \{0,1,2,\dots,R\} \quad (16)$$

В принципе можно придумать бесконечное множество структур  $Y(D^r, DW^r)$ , удовлетворяющих условиям (16) (более точно их нужно подбирать для каждого конкретного бассейна) и доставляющих  $\min L$ . рассмотрим простейшую. Пусть

$$Y(D^r, DW^r) = \lambda_1 D^r - \lambda_2 DW^r; \lambda_1, \lambda_2 \geq 0, \quad (17)$$

Требуется определить  $\lambda_1, \lambda_2$  такие, что  $L \Rightarrow \min_{\lambda_1, \lambda_2} L$ , а траектория системы описывается выражениями (10) – (13). При детерминированных значениях стока ( $W_0^r, r = 1,2,\dots,R$ ) задача нахождения  $\lambda_1, \lambda_2$  имеет однозначное решение, однако, учитывая случайный характер  $W_0^r$ , мы фактически стоим перед иной задачей, а именно нахождения таких значений  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , которые были бы пригодны для всей совокупности выборок  $W_0^r$ . Рассмотрим алгоритм решения этой задачи более подробно. Пусть имеется набор последовательностей  $\{W_0^r\}^s$ , где  $s$  – номер реализации,  $s=1,2,\dots,S$ ,  $S$  – общее количество реализаций последовательностей стока. Конкретную реализацию последовательности стока теперь можно рассматривать в виде случайного вектора  $\mathbf{w}^s$ , ( $\mathbf{w}^s = \{W_0^1, W_0^2, \dots, W_0^R\}$ ), а параметры структуры стратегии управления в виде вектора  $\boldsymbol{\lambda}$ , ( $\boldsymbol{\lambda} = \{\lambda_1, \lambda_2\}$ ). Целевую функцию стратегии управления теперь можно записать в виде:

$$\lambda \quad L^{\min} = \min_{\mathbf{w}^s} L(\mathbf{w}^s, \boldsymbol{\lambda}) \quad (18)$$

Следовательно, для любой реализации последовательности стока  $\mathbf{w}^s$  будет существовать  $\lambda^s$ , доставляющий минимум выражению (18), который обозначим как  $L^{s,\min}$ . Совокупность  $L^{s,\min}$ , и  $\lambda^s$ ,  $s \in \{0,1,2,\dots,S\}$  образуют два множества, которые также можно рассматривать как случайные. Определим  $M[\lambda^s]$  и  $M[L^{s,\min}]$  как средние значения этих величин на множестве  $\{S\}$ . После этого вычислим  $L_s$  как:

$$L_s = L(\mathbf{w}^s, M[\lambda^s]), \forall s \in \{0,1,2,\dots,S\}; \quad (19)$$

По физическому смыслу значения  $L > 0$ , следовательно должно выполняться неравенство:

$M[L_s] \geq M[L^{s,\min}]$  Теперь можно ввести меру, характеризующую качество выбранной структуры *стратегии управления*:

$$\delta_Y = (M[L_s] - M[L^{s,\min}]) / M[L_s] \quad (20)$$

Чем лучше будет выбрана структура стратегии управления, тем меньше будет  $\delta_Y$  (для идеальной структуры стратегии управления  $\delta_Y = 0$ ). Для реальных ВХК, рассмотренная выше, структура стратегии управления является сильно упрощенной, поскольку в ней отсутствуют даже экологические требования, однако при любых усложнениях структур и критериев, изложенные принципы поиска стратегии управления и сформулированные ограничения на пространство решений будут сохраняться. Как видим результат стохастической модели, в отличие от имитационной, имеет форму функции, не зависящей от времени, и, следовательно, пригодной для использования в конкретно складывающейся ситуации в бассейне реки.

Для управления моделью был разработан интерфейс, предоставляющий пользователю задавать структуру сети водных объектов, запускать модель на счет и анализировать результаты в графическом виде. На вход модели подается формальное описание структуры водных объектов с водохранилищами много летнего регулирования. Затем модель запускается на счет и выдает результаты, которые затем могут анализироваться пользователем.

### **РАЗДЕЛ III. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ, В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ В ОРОШЕНИИ, ВЫЯВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ РЕЗЕРВОВ В ВОДОПОЛЬЗОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

#### **3.1. РАЗРАБОТКА ЕДИНЫХ НОРМАТИВОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ БАССЕЙНА В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ISAREG И CROPWAT**

Э. Д. Чолпанкулов, О.П. Инченкова

Были проведены исследования по следующим этапам:

1. Сравнительный анализ методов расчета поливных и оросительных норм по программам ISAREG и CROPWAT.
2. Подготовка исходных материалов для работы комплекса программ ISAREG на примере Ферганской области Республики Узбекистан
3. Расчет поливных и оросительных норм для основных сельхозкультур на примере Ферганской долины по среднемноголетним данным по комплексу программ ISAREG.
4. Расчет поливных и оросительных норм для основных сельхозкультур на примере Ферганской долины по среднемноголетним данным по комплексу программ ISAREG. Анализ и обобщение полученных результатов. Составление научно-технического отчета

Основная цель данного исследования – разработать единые оросительные нормы для основных сельхозкультур бассейна для выявления резервов в водопользовании с применением международно-принятого комплекса программ ISAREG.

Цель работы 2003 г. - описание методики и возможностей программ ISAREG и CROPWAT при использовании в разработке оросительных норм; сравнительный анализ методов расчета по ним; анализ используемой исходной информации, требующейся для каждой из моделей; определение приоритетности при использовании программ для практических целей и расчет поливных и оросительных норм для основных сельхозкультур на примере Ферганской долины по среднемноголетним данным, используя комплекс программ ISAREG .

Вопрос об использовании единой методики для расчетов норм водопотребления сельхозкультур является весьма актуальным. Существующие национальные методики по определению поливных и оросительных норм сельскохозяйственных культур не удовлетворяют современным требованиям, т.к. все разработаны для среднегодового года, не учитывают величину водопотребления в зависимости от урожая и, кроме того, рассчитаны на разный технический уровень водопотребления.

Следовательно, необходимо решить вопрос о разработке единых методических подходов и оценочных показателей удельной водопотребности в орошаемом земледелии для всех государств, расположенных в бассейне Аральского моря.

В то же время в мировой практике уже существуют различные методики расчета поливных и оросительных норм, как, например, программа CROPWAT и программный комплекс ISAREG.

Программа CROPWAT разработана Отделением земельных и водных ресурсов Комиссии по сельскому хозяйству и продовольствию ООН (ФАО) и предназначена для вычисления водопотребления сельхозкультур на основе климатических данных (по декадам или месяцам за календарный год), почвенных характеристик и параметров сельхозкультур по фазам их развития, начиная с сева и заканчивая уборкой урожая. В первую очередь программа позволяет вычислить эталонную эвапотранспирацию, а также эвапотранспирацию сельскохозяйственных культур.

После определения эвапотранспирации сельхозкультуры программа CROPWAT определяет водопотребность растений на каждой стадии их развития в табличном и графическом виде с учетом КПД техники полива.

Работая в режиме имитационной модели, программа CROPWAT составляет графики поливов при различных, задаваемых пользователем, условиях управления. С ее помощью можно оценить структуру посевных площадей, фактическую эффективность использования воды на оросительных системах, возможность экономии воды, критерии использования воды при снижении водообеспеченности с учетом влияния на урожайность.

Другая методика для расчета поливных и оросительных норм – комплекс программ EVAPOT, KCISA и ISAREG - создана в Техническом Университете Лиссабона (Португалия) под руководством проф. Л.С. Перейра. По этой методике перечисленные программы определяют эталонную эвапотранспирацию, эвапотранспирацию рассматриваемой сельхозкультуры по стадиям развития за период не только одной вегетации, но и за многолетний или среднесуточный период из выбранных лет наблюдений, при наличии соответствующих климатических данных и данных полевых наблюдений по почве и сельхозкультуре. Климатические данные могут задаваться за период вегетации рассматриваемой культуры (помесячно, подекадно или по суткам), а не за весь календарный год, как в программе CROPWAT. Программный комплекс ISAREG может работать в режиме имитационной модели при задании пользователем различных вариантов поливов: при полном удовлетворении потребностей растений в воде, при лимитировании подаваемой на поле воды, при заданных сроках и нормах поливов.

В результате вычисляются (если не используется вариант задания норм и сроков поливов) поливные и оросительные нормы для определенной культуры за вегетационный период, выдается график поливов, который показывает вычисленную влажность почвы, а на другом графике (при наличии полевых наблюдений) можно получить сравнение наблюдаемых и вычисленных влажностей почвы.

Программный комплекс ISAREG состоит из 3-х последовательно работающих программ EVAPOT, KCISA и ISAREG, при этом результаты расчетов каждой предыдущей программы используются в последующей.

Программа ISAREG позволяет вычислить баланс почвенной влаги и определить оптимальный график поливов.

Отличие программы CROPWAT от программного комплекса ISAREG.

1) Главное отличие в программах CROPWAT и ISAREG – это метод определения коэффициента культуры для расчета эвапотранспирации  $ET_{crop}$  в стандартных условиях. Эти условия относятся к культурам, растущим на больших площадях при хороших агрономических и почвенных условиях. Влияние характеристик, отличающих сельхозкультуру от травы, объединяются в коэффициенте культуры –  $K_c$ . Факторы, влияющие на величину  $K_c$  – это главным образом, характеристики культуры, дата сева или посадки, скорость развития, продолжительность вегетационного периода и климатические условия, при этом в условиях Центрально-Азиатского региона важна частота дождей или поливов после сева и на ранней стадии развития. Для выбора подходящей величины  $K_c$  для каждого периода в течение вегетационного периода для данной культуры

должна учитываться скорость развития культуры, общие климатические условия, особенно ветер и влажность. В программах CROPWAT и ISAREG эвапотранспирация культуры рассчитывается умножением  $ET_0$  на  $K_c$ , но в программном комплексе ISAREG величина  $K_c$  разделена на два коэффициента: основной коэффициент культуры  $K_{cb}$  и коэффициент испарения почвы  $K_e$ , т.е

$$K_c = K_{cb} + K_e.$$

Величина  $K_c$  в программном комплексе ISAREG определяется программой KCISA на протяжении всего вегетационного периода при задании пользователем максимально возможных значений  $K_c$  на средней и поздней стадиях развития культуры с учетом высоты культуры и развития корневой системы, а также при наличии данных о количестве дней с осадками. В программе CROPWAT значения  $K_c$  должны быть заданы пользователем для всех 4-х стадий развития сельхозкультуры с учетом всех особенностей ее развития.

2) В отличие от программы CROPWAT программа EVAPOT получает или использует подготовленные файлы данных (средние за сутки, декаду или месяц) за определенное время наблюдений (несколько лет или один год). Программа EVAPOT отличается от CROPWAT еще и тем, что в ней может изменяться количество заданных лет и месяцев в зависимости от продолжительности сезона вегетации рассматриваемой культуры. Кроме того, в программе EVAPOT вместо часов солнечного сияния можно использовать значения коротковолновой или суммарной солнечной радиации.

3) Программа CROPWAT не учитывает величину подпитки из грунтовых вод, что осложняет ее использование в Центрально-Азиатском регионе.

В программе ISAREG предусмотрен файл подпитки из грунтовых вод, образуемый пользователем при наличии данных экспериментальных наблюдений.

4) Кроме того, как было сказано выше, в программном комплексе ISAREG можно сравнить величину наблюдаемой влажности почвы с рассчитанной по программе, что позволяет сделать выводы о точности расчета оросительных норм по программе.

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Обе программы CROPWAT и ISAREG можно использовать для водохозяйственных расчетов.

2. Программа CROPWAT, в которой применяется метод одиночного коэффициента  $K_c$ , задаваемого пользователем, можно использовать при планировании орошения, проектировании и управлении согласно рекомендациям ФАО и нашей практике при условии адаптации программы к местным условиям (соответствующие коэффициенты культуры, учет подпитки с УГВ).

3. Программный комплекс ISAREG, состоящий из трех программ, более сложный для практических расчетов и требующий более подробной информации по климату и почве, в настоящее время находится в стадии адаптации для местных условий.

4. Программа ISAREG, в которой применяется метод двойного коэффициента  $K_c$ , используется в расчетах, где требуется детальное определение испарения почвенной влаги, т.е. при детальном планировании орошения, моделировании и научных исследованиях.

В текущем году нами подготовлены исходные материалы для работы комплекса программ ISAREG для Ферганской области Республики Узбекистан. Для пяти метеостанций – Андижан, Коканд, Наманган, Федченко и Фергана – были подготовлены файлы среднемноголетних наблюдений (за 30 лет): максимальной и минимальной температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости ветра, продолжительности солнечного сияния, осадков и их продолжительности. По программе EVAPOT,

используя эти метеопараметры, был проведен расчет эталонной эвапотранспирации для этих метеостанций. В табл. 1 приведен пример расчетов для метеостанции Андижан.

Далее по программе KCISA нами были вычислены коэффициенты культуры по фазам их развития для основных сельхозкультур, выращиваемых в Ферганской долине: хлопчатник, озимая пшеница, люцерна. По программе ISAREG был проведен расчет поливных и оросительных норм для этих сельхозкультур по среднемуголетним данным (табл. 2).

Таблица 1

## Среднеуголетние декадные данные по климату для метеостанции Андижан

Месяц	Декада	T ср (C°)	T ср max (C°)	T ср min (C°)	Осадки (мм)	Отн влажн(%)	Ск ветра (м/с)	Солнсиян (час/сут)
1	1	-0,8	8,9	-10,4	8,0	86	0,9	2,5
	2	-0,6	8,5	-11,5	7,9	85	1,0	2,9
	3	-0,7	8,1	-12,6	7,7	84	1,1	3,3
2	1	-2,1	9,9	-14,2	12,0	82	1,2	3,6
	2	1,6	12,7	-9,5	11,5	81	1,3	3,7
	3	5,4	15,5	-4,8	10,2	80	1,4	4,1
3	1	7,2	17,4	-2,9	23,0	77	1,3	4,2
	2	9,8	21,8	-2,3	7,8	72	1,4	4,9
	3	12,3	26,2	-1,7	4,8	67	1,5	5,5
4	1	14,3	25,4	3,2	10,0	64	1,8	6,3
	2	17,0	29,9	4,1	8,9	62	1,8	7,1
	3	19,7	34,4	5,0	8,0	60	1,8	7,2
5	1	20,0	31,6	8,5	13,5	58	2,0	7,8
	2	21,7	34,2	9,3	6,1	55	2,1	8,9
	3	23,4	36,8	10,1	4,3	52	2,2	9,4
6	1	25,1	36,8	13,4	4,6	48	2,2	10,3
	2	26,1	38,3	14,0	3,0	47	2,2	11,1
	3	27,2	39,8	14,6	2,1	46	2,2	11,4
7	1	27,4	38,3	16,8	1,2	50	1,8	11,5
	2	27,2	38,4	15,9	2,2	51	1,8	11,5
	3	27,0	38,5	16,0	2,9	52	1,8	11,1
8	1	25,3	36,7	13,9	1,2	56	1,6	10,9
	2	24,6	36,0	13,2	1,0	56	1,6	10,9
	3	23,9	35,3	12,5	0,8	57	1,6	10,3
9	1	21,2	33,6	8,9	0,9	58	1,6	10,3
	2	20,1	32,3	8,0	1,5	60	1,6	9,6
	3	19,0	31,0	7,1	2,3	62	1,6	8,7
10	1	16,6	31,4	1,8	7,4	67	1,4	7,7
	2	14,5	27,5	1,4	7,6	68	1,4	7,0
	3	12,3	23,6	1,0	7,7	69	1,4	6,6
11	1	10,3	23,3	-2,7	8,1	74	1,1	5,2
	2	7,5	19,0	-4,1	7,5	77	1,1	4,3
	3	5,5	14,7	-5,7	11,0	80	1,1	4,4
12	1	6,3	14,9	-2,3	7,6	85	1,0	3,0
	2	2,1	11,9	-7,8	9,5	86	0,9	2,9
	3	-2,2	8,9	-13,3	11,3	96	0,9	2,5

Таблица 2

Удельная потребность в оросительной воде  
(по среднемноголетним данным температуры воздуха и осадков),  
метеостанция Андижан, м<sup>3</sup>/га

Сельхоз- культура	МЕСЯЦЫ												Оро- сит. норма
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Хлопок средневол.	-	-	-	-	-	1600	1800	1800	1000	-	-	-	6200
Люцерна	-	-	-	1450	1800	1750	1700	1600	-	-	-	-	8300
Пшеница озимая	-	-	-	1100	1900	950	-	-	-	1300	-	-	5250

### 3.2. ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ SCADA ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ И МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ КАНАЛАХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ СИСТЕМ

А.И. Тучин

Были выполнены исследования по внедрению на межгосударственных гидроме-  
лиоративных системах ЦА систем SCADA.

Выполнена оценка:

- точности измерения уровней автоматизированной системы контроля и управле-  
ния SCADA, расходов и электропроводимости (минерализации) воды, открытия затво-  
ров гидротехнических сооружений за счет применения современных технических  
средств измерения и учета водных ресурсов (снижение погрешности измерения по рас-  
ходу от 5-10% до 2-3%),

- оперативности и точности управления водными ресурсами за счет увеличения  
скорости получения и обработки информации о технологическом процессе и принятие  
решения;

Выполняется исследование программного обеспечения в режиме опытной экс-  
плуатации автоматизированной системы контроля и управления SCADA на головном  
сооружении канала "Дустлик".

Разрабатывается база данных на MICROSOFT ACCESS по обработке измеренных  
данных, данных визуального наблюдения и формированию архива измеренных систе-  
мой параметров за сутки, пятидневку, декаду и месяц.

База данных позволит решить следующие задачи:

- импорт информации системы автоматизации и диспетчеризации в базу данных с  
целью хранения и обработки информации для решения эксплуатационных задач;
- определение отклонения (ошибки) трехразового суточного наблюдения по срав-  
нению с информацией системы телеизмерения (системы SCADA);
- составление отчетов о работе системы телеизмерения и обработки данных.

## **РАЗДЕЛ IV. ВЫРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ ВОДЫ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

### **4.1. ВЫРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПЕРЕСМОТРУ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ВОДХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗОН, НАПРАВЛЕННЫХ НА УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКАХ**

Х.И. Якубов

Цель работы - выработать организационные рекомендации по пересмотру мелиоративных режимов водохозяйственных зон, направленных на улучшение качества воды в реках.

Этапы работ:

1. Обзор литературы по проектным и фактическим мелиоративным режимом отдельных крупных водохозяйственных зон. Сбор материалов для анализа мелиоративных режимов по орошаемым массивам Сырдарьинской области.
2. Анализ мелиоративных режимов по орошаемым массивам Сырдарьинской области.
3. Разработка методических подходов по оптимизации мелиоративных режимов на орошаемых землях в условиях нарастания дефицита воды.
4. Расчет основных показателей мелиоративных режимов по областям Республики Узбекистан.

Был выполнен обзор литературы по оптимизации мелиоративных режимов, выполненных с 1965 г. по сегодняшнее время, с выявлением их недостатков и установлением основных направлений переработки. Сбор материалов для анализа мелиоративных режимов по ирригационным массивам Шурузяк и Сардоба Сырдарьинской области.

Критерии выбора оптимальных мелиоративных режимов таких как: уровни грунтовых вод; размеры инфильтрационного питания; соотношения доли участия грунтовых вод в суммарном испарении и дренажного стока к водопоступлению в орошаемом поле; величина чистого дренажного модуля; коэффициенты промывного режима и др. установленные в прошлых лет не совсем соответствуют современным водохозяйственным условиям. В прошлом указанные критерии по всем показателям были определены для периода работы мелиоративных систем, когда они имели достаточную работоспособность и главное в регионе не был дефицит водных ресурсов.

По второму этапу выполнена анализ фактических мелиоративных режимов по Шурузякскому и Сордобинскому массиву Голодной степи за длительный период (1952-2001 гг.) и связь урожайности сельхозкультур от формируемых мелиоративных режимов.

По материалам исследований Н.А. Димо (1910 г.) большая часть территории Голодной степи характеризовалась глубоким залеганием грунтовых вод (5-7 м), площадь которых до орошения составляла более 75%. Орошения земель в старой зоне Голодной степи была начато в конце XVIII века. Орошали очень высокими нормами до 30-

40 тыс.м<sup>3</sup>/га в год. Это вызвало быстрый подъем грунтовых вод, засоление и заболачивание значительных площадей.

Строительство открытой горизонтальной коллекторно-дренажной сети начатое в 1940-1941 гг. на Шурузякском массиве на площади 45 тыс.га дало возможность несколько замедлить процесс вторичного засоления почв. Однако при принятых параметрах (глубина 1,8-2,2 м, удельная протяженность 12-14 км/га) этот дренаж оказалось малоэффективным, дренажный сток составляло всего 900-950 м<sup>3</sup>/га в год, из которых 25-30% формировался за счет поверхностного сброса.

В связи с этим с 1952 по 1966 гг в старой зоне орошения Голодной степи был построен открытый дренаж с удельной протяженности 14-25 км/га, глубиной 2,5-3,5 м и общим дренажным стокам по проекту 5045 м<sup>3</sup>/га.

Мелиорация земель Шурузякского и Сордобинского массивов показало слабую эффективность усиления мощности открытого дренажа путем увеличения глубины заложения и протяженности в условиях напорных подземных вод. Однако на территории этих массивов после реализации проектной мощности дренажа несколько улучшилась мелиоративное состояния земель, усилился отток грунтовых вод, величина которого достигалась в отдельные годы до 2,0-3,0 тыс.м<sup>3</sup>/га, процесс реставрации семенялся выносом солей 3-5 тон/га в год. На Шурузякском массиве площади с глубиной грунтовых вод до 1 м уменьшились с 6987 га в 1952 г до 247 га в 1966 г, площади с глубиной грунтовых вод более 2 м увеличились за этот период с 9217 га до 62724 га Площади с минерализацией грунтовых вод до 3 г/ л увеличились за этот период с 9996 га до 12746 га.

Промывные поливы на фоне дренажа и улучшения режима грунтовых вод обусловили увеличения площади слабозасоленных почв массива с 31880 га в 1952 г до 44000 га в 1966 г при уменьшение площади сильнозасоленных почв и солончаков.

В 1965-1966 гг открытый дренаж был усилен вертикальным дренажом 212 шт на Шурузякском и 151 шт на (по проекту) Сордобинском массивах. Их суммарный дебит по проектам был установлен по Шурузякскому 13,0 и по Сордобинскому массиву 6,7 м<sup>3</sup>сек. Было предусмотрено работа горизонтального и вертикального дренажа с проектной дренированностью для Шурузякского массива 7,9 тыс.м<sup>3</sup>/га, Сордобинского 7,15 тыс.м<sup>3</sup>/га в год.

После массового введения систем вертикального дренажа в эксплуатацию повсеместно наблюдался усиления темпов рассоления покровного мелкозема, на Шурузякском массиве от 4,3 до 17 т/га, а на Сордобинском массиве процесс засоления сменился рассолением почвогрунтов с выносом солей 3-6 т/га.

Дренированность покровного мелкозема, созданная вертикальным дренажем дала возможность создать на этих массивах полуавтоморфный мелиоративный режим.

Полуавтоморфный мелиоративный режим созданный на фоне дренажа, позволила успешно осуществит промывной режим орошения и осенне-зимнее промывки. Общие поступления воды вместе с атмосферными осадками на орошаемые поля составляла 8,5-12,5 тыс.м<sup>3</sup>/га в год. При этом рассоляющий расход инфильтрационных вод (разность между общим поступлением воды и суммарным испарением) колебался в пределах 900-2000 тыс.м<sup>3</sup>/га в год.

При таком режиме орошения интенсивное снижения минерализации грунтовых вод наблюдается на Шурузкском массиве 1966-1986 гг, на Сордобинском 1978-1994 гг.

Таблица 1

## Динамика минерализации грунтовых вод

Массив	Средняя минерализация грунтовых вод по годам, г/л											
	1952	1958	1966	1974	1978	1984	1985	1986	1994	1999	2000	2001
Шурузякский	7,90	8,07	6,71	5,11	4,82	3,02	2,71	2,76	2,81	3,02	3,32	3,61
Сардобинский	13,8	12,2	11,7	9,88	8,68	4,66	4,62	4,81	4,52	4,74	5,02	5,18

Однако в дальнейшем вследствие снижения работоспособности систем вертикального дренажа и нормы осенне-зимних промывок наблюдается медленней рост минерализации грунтовых вод.

Усиленный вынос солей из зоны аэрации и снижения минерализации грунтовых вод привело к повсеместному выравниванию мелиоративного фона. Так, по данным почвенно-солевых съемок «Узгипроводхоза», к 1977 г на Шурузякском массиве площадь незасоленных и слабозасоленных земель увеличилась в 2,8 раза и достигла 58,9 тыс. га против 21,6 тыс. га в 1958 г. В то же время сократились площади солончаков, средне и сильнозасоленных почв до 9,7 % против 65,3 % в 1958 г и 32,4 % в 1966 г.

На Сардобинском массиве, где водопадача на орошаемые поля и работоспособности систем вертикального дренажа были несколько ниже, чем на Шурузякском массиве, процесс рассоления земель протекал медленнее. К 1978 г здесь имелись довольно большие площади средне и сильнозасоленных земель (28,7 %) и солончаков (17,6 %). Площади слабозасоленных земель к этому периоду увеличились в 1,7 раза, и составил 14,1 тыс. га (43,7 %) против 9,1 тыс. га (28,1 %) в 1966 г.

Благоприятный водно-солевой режим на Шурузякском массиве в 1966-90 гг. при регулировании глубины грунтовых вод в пределах 2-3 м, проведение осенне-зимних промывных поливов нормой 2500-4000 м<sup>3</sup>/га, оросительной нормы 6000-7000 м<sup>3</sup>/га способствовала повышению урожайности хлопчатника на 5-10 ц/га и доведению ее целом по массиву до 28-32 ц/га (рис. 1).

Повышение урожайности хлопчатника в Сардобинском массиве наблюдается 1976-1992 г, в этот период урожайность хлопчатника составляла по массиву 18-21 ц/га, против 12-18 ц/га за прошлые годы.

Последние десять лет 1991-2001 гг. характеризуется резким ухудшением работоспособности дренажных систем, снижением водообеспеченности, сокращением нормы зимне-весенних промывок, и ростом минерализации грунтовых вод.

Суммарный дебит скважин вертикального дренажа на Шурузякском массиве снизился с 12,1 м<sup>3</sup>/сек в 1993 г до 4,37 м<sup>3</sup>/сек к 2002 г, на Сардобинском массиве соответственно с 3,49 м<sup>3</sup>/сек до 1,69 м<sup>3</sup>/сек. Вследствие этого в среднем по Сырдарьинскому району пьезометрические уровни напорных вод на 0,20-0,46 м превышает уровни грунтовых вод. Такая же картина наблюдается в отдельных хозяйствах Сайхунабадского, Гулистанского и в хозяйствах Мирзаободского района расположенных на Шурузякском массиве

Надо отметить, что 1970-80 гг. дренаж обеспечивал регулирования грунтовых вод по сезонам года, т.е режим уровня грунтовых вод имел график синусоиды. Глубина уровня грунтовых вод на Сардобинском массиве регулировалась в пределах весной 1,9-2,1 м, в вегетационный период 2,2-2,4 м, осенью перед промывными поливами 2,6-2,9 м и создавала емкость для эффективной промывки солей. Глубина уровня грунтовых вод в хозяйствах Гулистанского района расположенного на Шурузякском массиве регули-

ровалась в пределах весной 2,3-2,6 м, в вегетационный период 2,4-2,6 м, осенью перед промывными поливами 2,8-3,1 м; в хозяйствах Сайхунабадского района соответственно 2,0-2,2; 1,6-2,1; 2,3-2,5 м; в хозяйствах Сырдарьинского района соответственно 1,9-2,3; 2,4-2,6; 2,8-3,1 м. В последние годы наблюдается практически прямолинейный график уровня грунтовых вод, с колебанием УГВ 1,6-2,1 м на Шурузьякском массиве и 1,77-2,0 м на Сордобинском массиве (рисунок 2, 3).

На Шурузьском массиве годовая удельная водопадача в последние годы составляла 7000-8000 м<sup>3</sup>/га, коэффициент промывного режима орошения ( $O_c + B / ET$ ) составляла 0,87-0,90. Оросительная норма 4700-5800 м<sup>3</sup>/га, осеннее зимняя промывная норма 1400-1600 м<sup>3</sup>/га.

На Сордобинском массиве годовая удельная водопадача в последние годы составляла 5000-6000 м<sup>3</sup>/га, коэффициент промывного режима орошения составляла 0,82-0,86, что не соответствует требованиям рассоления почв. Оросительная норма 3900-5300 м<sup>3</sup>/га, осеннее зимняя промывная норма 1100-1200 м<sup>3</sup>/га.

Минерализация грунтовых вод на Шурузьском массиве выросла с 2,76 г/л в 1986 г. до 3,61 г/л в 2001 г. Минерализация грунтовых вод на Сордобинском массиве выросла с 4,52 г/л в 1994 г до 5,18 г/л в 2001 г (табл. 1).

В этих условиях с 1986-1987 годов по 1993 годы повсеместно наблюдается реставрация засоления за счет притока солей с оросительной водой, что связано с нарушением промывного режима орошения, хотя глубина грунтовых вод залегали в пределах 2-3 м. С подъемом УГВ с 1993 г наблюдается усиление темпа засоления за счет как приноса солей с оросительной водой, так и грунтовыми водами.

На Шурузьском массиве площади средне и сильнозасоленные земли увеличились с 11,9 % в 1998 г до 16,7 % к 2001 г. На Сордобинском массиве площади средне и сильнозасоленные земли увеличились с 56,5 % в 1998 г до 81,2 % к 2002 г.

Урожайность хлопчатника по Шурузьскому массиву снизились к настоящему времени до 14,2 ц/га, по Сордобинскому массиву до 8,9 ц/га (рис. 1).

По третьему этапу разработана методика уточнения критериев мелиоративных режимов по их основным показателям, базирующегося на изменение водно-солевых балансов (территории, почвенных и грунтовых вод) и продуктивности земли и воды с учетом современной водохозяйственной и мелиоративной обстановки.

Для выбора параметров мелиоративных режимов предлагается как балансовый метод позволяющей учесть, с одной стороны, техническую состоянию оросительных и дренажных систем, организацию землепользования, с другой стороны одновременно и в увязке рассмотреть статьи формирования водно-солевого режима на орошаемом поле, так и эмпирические формулы.

Для выполнения прогнозных водно-солевых балансов орошаемых земель разработано компьютерная программа расчета.

Расход (испарения) грунтовых вод в зону аэрации при различной глубине уровня грунтовых вод определяется по формуле С.А.Аверьянова:

$$E = E_0 \left( 1 - \frac{H}{H_{кр}} \right)^n \quad (1)$$

здесь,  $E_0 = 0,00144(25+t)^2 * (100-a)$  (2)

где  $E_0$  – испаряемость, мм;  $H$  – глубина УГВ, м;  $H_{кр}$  – критическая глубина залегания грунтовых вод, при которой начинается их испарения, м;  $n$  – показатель степени, берется из таблицы 3.2;  $t$  – среднемесячная температура воздуха, С°;  $a$  – среднемесячная

относительная влажность воздуха, %.

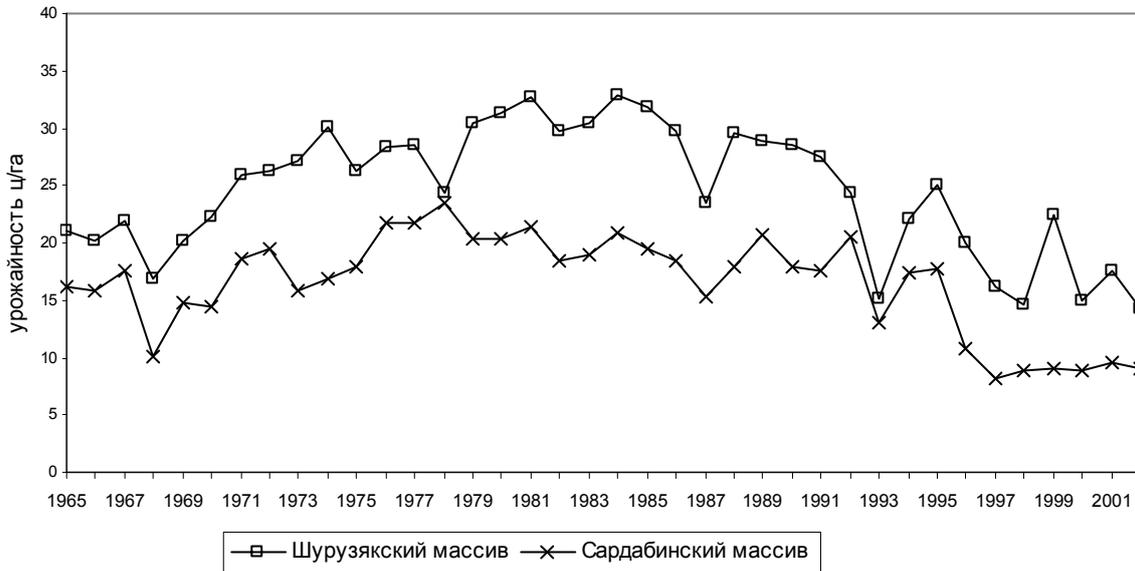


Рис. 1. Динамика урожайности хлопчатника

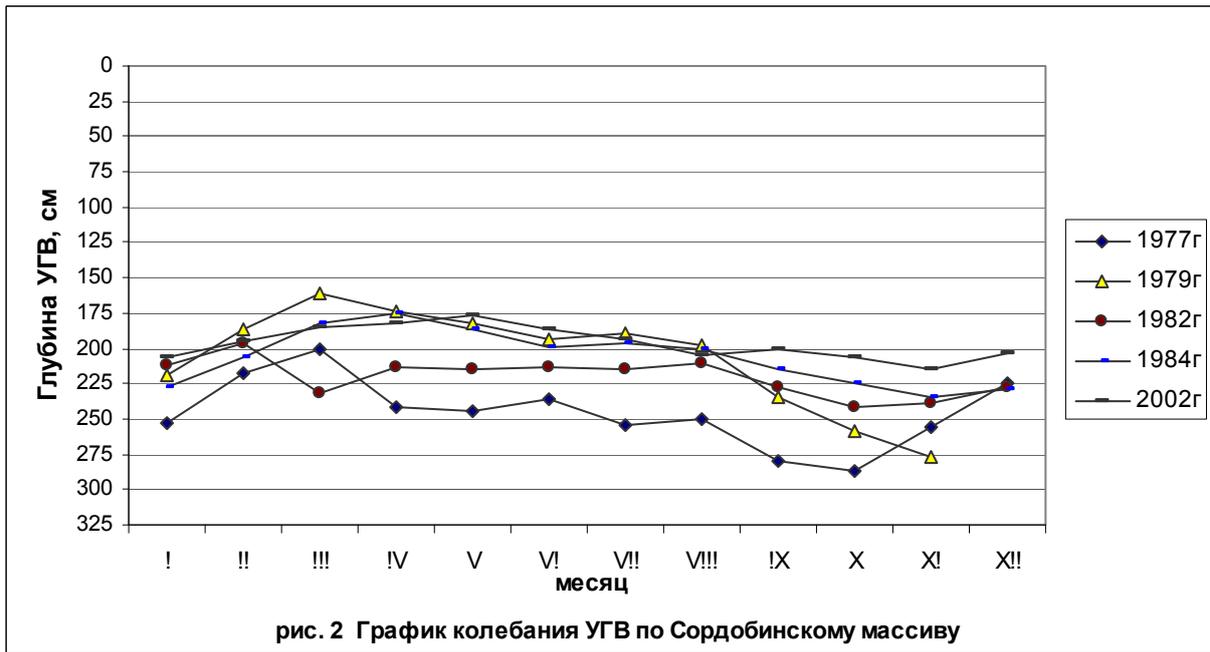


рис. 2 График колебания УГВ по Сордабинскому массиву

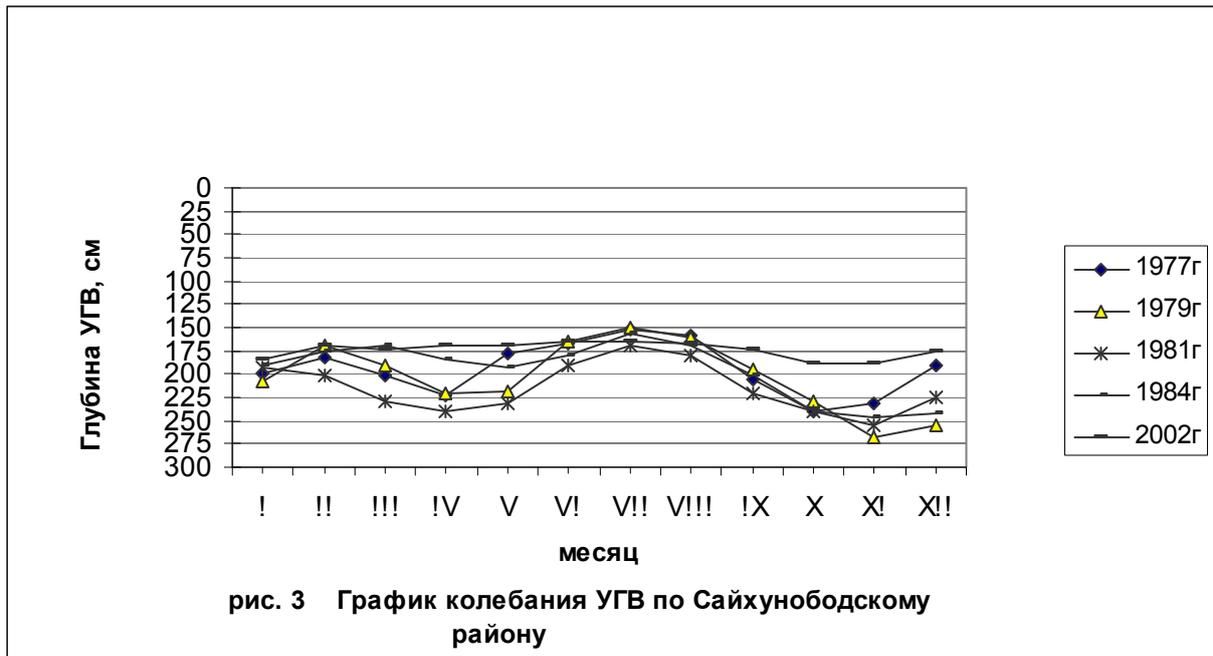


Таблица 2

Параметры к формуле 1 (Н.Т.Лактаев)

Почвы	$H_{кр}$	$n$	Почвы	$H_{кр}$	$n$
Супеси	2	1,5	Тяжелые суглинки	3,5	1,9
Легкие суглинки	2,5	1,6	Глины	4	2
Средние суглинки	3	1,75			

Умножением расхода грунтовых вод в зону аэрации на ее минерализацию определяется накопления солей в зону аэрации за вегетационный период.

Патом с учетом предельно допустимой величины засоления почв по плотному остатку определяется допустимая глубина уровня грунтовых вод. За предельно допустимой величины засоления почв можно принять слабой степени засоления.

Определяется суммарное испарения влаги из зоны аэрации, которое зависит от метеорологических, почвенных условий, а также от особенностей возделываемой культуры. Суммарные испарения влаги с учетом возделываемой культуры определяется по формуле С.А.Аверьянова видоизмененный А.И.Загуменный:

$$E_{хл} = K * E_0 \left( 1 - \frac{H_{НО}}{H_0^1} \right)^2 \quad (3)$$

$$\text{Здесь} \quad E_0 = \frac{O_p^{хл}}{10 * K_1 * K_2} + A \quad (4)$$

Где,  $K$  – коэффициент учитывающей особенности возделываемой культуры, для хлопчатника  $K=1,0$ ;  $E_0$  – испаряемость, мм;  $H_0^1$  – параметр, свойственной данной природной обстановке и положению УГВ, принимается по таблице 3.4;  $H_{НО}$  – положения УГВ, соответствующее норме осушения, принимается для песчаных грунтов – 1,9м, супесчаных – 2,2м, легких и среднесуглинистых (пльватых) – 2,3м, среднесуглинистых (плотных) и тяжелосуглинистых – 2,7м;  $O_p$  – оросительная норма хлопчатника, м<sup>3</sup>/га;

$A$  - атмосферные осадки, мм;  $K_1$  - коэффициент, зависящий от вида возделываемой культуры,  $K_2$  - коэффициент, зависящий от гидрогеологических и почвенных условий.

Коэффициенты перехода от суммарного испарения хлопковым полем к суммарному испарению: для люцерны - равен 1,3, кукурузы - 0,88, озимой пшеницы - 0,4, картофеля и овощей - 0,65.

Расчеты суммарного испарения производится по каждой культуре отдельно. Потом с учетом посевной площади каждой культуры определяется средневзвешенное значение суммарного испарения влаги на рассматриваемой территории.

Критическую минерализацию грунтовых вод при допустимой приросте концентрации солей в почвенном растворе при заданной глубине грунтовых вод, которая определяет количество испарившихся вод с учетом минерализации оросительной воды определяется по формуле:

$$M_{кр}^z = \frac{(C - C_1)W - O_p * M_{op}}{E} \quad (5)$$

Где,  $C$  - концентрация почвенного раствора расчетного слоя на конец вегетационного периода, для хлоридно-сульфатного засоления 10-12 г/л;  $C_1$  - то же, на начала вегетации 2 г/л;  $w$  - влажность почвы на уровне наименьшей влагоемкости за вычетом не растворяющегося объема (гигроскопическая влага), для супесчаных почв -120 мм, легких суглинков -135 мм, средних суглинков - 155 мм, тяжелых суглинков - 180 мм, для глинистых почв - 210 мм/м;  $E$  - количества испарившихся за вегетацию грунтовых вод, мм;  $O_p$  - оросительная норма, м<sup>3</sup>/га;  $M_{op}$  - минерализация оросительной воды, г/л.

Устойчивый многолетний солевой режим почв, при критической минерализации и уровня грунтовых вод может быть обеспечен при условии удаления сезонного прироста солей в течение года.

Величина минимально необходимого дренажного стока для удаления солей из почвы с орошаемых полей определяется по формуле:

$$D_1 = \frac{(C - C_1) * W}{M_{cp}} \quad (6)$$

Количество поступивших солей с оросительной водой составит  $O_p * M_{op}$ , что требует дополнительного дренажного стока

$$\Delta D = \frac{D_1 * M_{op}}{M_{cp}} \quad (7)$$

Подставляя, значения  $D_1$  получим

$$\Delta D = \frac{(C - C_1) * W * M_{op}}{M_{cp}^2} \quad (8)$$

Величина суммарного годового критического стока будет определяться формулой:

$$D=D_1+\Delta D = \frac{(C-C_1)*W}{M_{ep}} + \frac{(C-C_1)*W*M_{op}}{M_{ep}^2} = \frac{(C-C_1)*W}{M_{ep}} * \left(1 + \frac{M_{op}}{M_{ep}}\right) \quad (9)$$

По четвертому этапу пользуясь предлагаемой методикой установлены допустимые глубины уровня грунтовых вод по областям РУз. Для установленных допустимых глубин уровня грунтовых вод определены критический дренажный сток и соотношения доли участия грунтовых вод к суммарному испарению, дренажного стока к водопадачу и к суммарному испарению.

Расчет основных показателей мелиоративных режимов произведено с учетом сложившейся в областях современных водохозяйственных условий (табл. 3). Для определения расхода грунтовых вод в зону аэрации использованы среднемесячные метеорологические параметры в среднем за 100 лет по соответствующим метеостанциям. Суммарные испарения влаги определено с учетом структуры сельскохозяйственных культур и современной водообеспеченности по областям республики.

Построены графики расхода грунтовых вод в зону аэрации в различных по механическому составу грунтов в зависимости от положения уровня грунтовых вод по всем областям РУз (рис. 4).

Получены кривые зависимости накопления солей за вегетационный период от уровня и минерализации грунтовых вод в диапазоне от 2 до 12 г/л (рис. 5).

Построены графики суммарного испарения влаги с хлопкового поля (рис. 6). Потом с учетом структуры сельхозкультур по областям рассчитана средневзвешенная испарения влаги из зоны аэрации.

С учетом предельно допустимой величины засоления почв, по кривой зависимости накопления солей определены допустимые глубины грунтовых вод в среднем за вегетационный период. В табл. 4 приводятся допустимые глубины грунтовых вод в среднем за вегетационный период на землях сульфатного засоления, в табл. 5 на землях хлоридного засоления. Допустимые глубины грунтовых вод в среднем за вегетационный период приведенные на табл. 4 и 5 можно использовать при составлении мелиоративного кадастра.

Земли по всем областям орошается достаточно долгое время и засоление почв по всем областям относится в основном к сульфатному типу. По этому расчет критической минерализации грунтовых вод и критического дренажного стока произведено для условий поддержания допустимой глубины грунтовых вод на землях сульфатного засоления, с учетом минерализации оросительных вод в современных условиях. В последние годы наблюдается тенденция повышения минерализации оросительной воды, особенно в среднем и нижнем течении бассейна рек Амударья и Сырдарья. При повышении минерализации оросительной вод требуется пересчет величины дренажного стока.

Основные показатели мелиоративных режимов рекомендуемые по областям для поддержания мелиоративного благополучия орошаемых земель приводятся в табл. 6.

Фактический дренажный сток по всем областям кроме Республики Каракалпакстан и Андижанской области выше на 1,5-2,0 раза критического дренажного стока (табл. 3). Для уменьшения выноса солей в реки необходимо обеспечить рекомендуемые значения показателей мелиоративных режимов приведенные в табл. 6.

Таблица 3

Наименование областей	Выделяемые лимиты водозабора из источников				Водопадача на точках выдела хоз-ва за вегетацию тыс.м <sup>3</sup> /га	Минерализация, г/л		Дренажный сток, тыс.м <sup>3</sup> /га	Дренажный модуль, л/сек/га.
	млн.м <sup>3</sup>		тыс.м <sup>3</sup> /га			оросительной воды	грунтовой воды		
	За год	За вегетацию	За год	За вегетацию					
Каракалпакстан	7868,0	6197,0	15,7	12,4	10.4	1.12	2.57	5.46	0.17
Андижанская	2741,0	2291,0	9,9	8,3	7.1	0.64	1.49	3.46	0.11
Бухарская	3964,0	2841,0	14,5	10,4	9.2	1.02	5.75	7.96	0.25
Джизакская	2160,6	1724,0	7,3	5,8	5.2	1.51	4.24	4.02	0.13
Кашкадарьинская	5520,0	4620,0	11,0	9,2	8.2	0.94	3.50	4.14	0.13
Навоиская	1430,6	1030,6	11,5	8,3	7.4	0.97	2.38	8.33	0.26
Наманганская	2082,0	1852,0	7,5	6,7	5.7	0.54	1.21	8.09	0.26
Самаркандская	2775,0	2450,0	7,4	6,6	6.1	0.39	1.06	4.20	0.16
Сурхандарьинская	3800,0	3196,0	11,5	9,6	8.4	0.66	1.73	3.61	0.11
Сырдарьинская	2430,0	1980,0	8,1	6,6	6.3	1.22	5.44	6.61	0.21
Ташкентская	3335,7	3032,0	8,5	7,8	6.6	0.47	1.78	6.84	0.20
Ферганская	3605,0	2687,0	10,1	7,5	6.3	0.75	2.07	8.05	0.26
Хорезмская	4429,0	3224,0	16,1	11,7	9.7	0.83	2.05	12.1	0.38
Итого	46141,2	37125,2	10,8	8,7					

Допустимые средневегетационные глубины залегания уровня грунтовых вод  
на орошаемых землях Республики Узбекистан (на землях сульфатного засоления)

Область	Гранулометрический состав почв и подстилающих пород														
	средне вегетационные глубины залегания грунтовых вод (м) при минерализации														
	супесь			легкие суглинки			средние суглинки			тяжелые суглинки			глина		
	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10
1. Каракалпакстан	1,1-1,3	1,5-1,6	1,6-1,7	1,3-1,6	1,8-1,9	2,0-2,1	1,5-1,8	2,0-2,2	2,3-2,5	1,7-2,0	2,2-2,5	2,6-2,8	1,8-2,2	2,5-2,8	2,9-3,1
2. Андижанская	1,0-1,3	1,4-1,5	1,6-1,7	1,2-1,5	1,7-1,9	2,0-2,1	1,4-1,7	1,9-2,1	2,3-2,4	1,5-1,9	2,1-2,4	2,6-2,7	1,7-2,1	2,4-2,7	2,8-3,1
3. Бухарская	1,2-1,4	1,5-1,6	1,7-1,8	1,5-1,7	1,8-2,0	2,1-2,2	1,7-2,0	2,1-2,3	2,4-2,5	1,9-2,2	2,4-2,6	2,7-2,9	2,1-2,4	2,6-2,9	3,0-3,2
4. Джизакская	1,2-1,3	1,5-1,6	1,9-1,8	1,4-1,7	1,8-2,0	2,1-2,2	1,6-1,9	2,1-2,3	2,4-2,5	1,8-2,1	2,3-2,6	2,7-2,8	2,0-2,4	2,6-2,8	3,0-3,2
5. Кашкадарьинская	1,2-1,4	1,5-1,6	1,7-1,8	1,5-1,7	1,9-2,0	2,1-2,2	1,7-2,0	2,1-2,3	2,4-2,5	1,9-2,2	2,4-2,6	2,7-2,9	2,1-2,4	2,6-2,9	3,0-3,2
6. Навоийская	1,2-1,3	1,5-1,6	1,7-1,8	1,4-1,7	1,8-2,0	2,1-2,2	1,6-1,9	2,1-2,3	2,4-2,5	1,8-2,1	2,3-2,5	2,7-2,8	2,0-2,3	2,6-2,8	3,0-3,2
7. Наманганская	1,1-1,3	1,4-1,6	1,6-1,7	1,3-1,6	1,7-1,9	2,0-2,1	1,4-1,7	2,0-2,2	2,3-2,4	1,6-2,0	2,2-2,4	2,6-2,8	1,8-2,2	2,4-2,7	2,9-3,1
8. Самаркандская	1,1-1,3	1,4-1,6	1,6-1,7	1,3-1,6	1,7-1,9	2,0-2,1	1,5-1,8	2,0-2,2	2,3-2,5	1,6-2,0	2,2-2,4	2,6-2,8	1,8-2,2	2,4-2,7	2,9-3,1
9. Сурхандарьинская	1,3-1,4	1,5-1,6	1,7-1,8	1,5-1,7	1,9-2,0	2,1-2,2	1,7-2,0	2,1-2,3	2,4-2,5	1,9-2,2	2,4-2,6	2,7-2,9	2,1-2,4	2,6-2,9	3,0-3,2
10. Сырдарьинская	1,0-1,3	1,4-1,5	1,6-1,7	1,2-1,5	1,7-1,9	2,0-2,1	1,4-1,7	1,9-2,1	2,3-2,4	1,5-1,9	2,1-2,4	2,5-2,7	1,7-2,1	2,3-2,6	2,8-3,0
11. Ташкентская	1,1-1,3	1,4-1,6	1,6-1,7	1,3-1,6	1,7-1,9	2,0-2,1	1,5-1,8	2,0-2,2	2,3-2,5	1,7-2,0	2,2-2,5	2,6-2,8	1,8-2,2	2,5-2,8	2,9-3,1
12. Ферганская	1,1-1,3	1,4-1,6	1,6-1,7	1,3-1,6	1,7-1,9	2,0-2,1	1,5-1,8	2,0-2,2	2,3-2,5	1,6-2,0	2,2-2,4	2,6-2,8	1,8-2,2	2,4-2,7	2,9-3,1
13. Хорезмская	1,2-1,4	1,5-1,6	1,7-1,8	1,5-1,7	1,8-2,0	2,0-2,1	1,6-1,9	2,1-2,2	2,4-2,5	1,8-2,1	2,3-2,5	2,7-2,8	1,9-2,3	2,5-2,8	3,0-3,2

Примечание - первое число для сульфатного, второе - для хлоридно-сульфатного засоления

Допустимые средневегетационные глубины залегания уровня грунтовых вод  
на орошаемых землях Республики Узбекистан (на землях хлоридного засоления)

Область	Гранулометрический состав почв и подстилающих пород средневегетационные глубины залегания грунтовых вод (м) при минерализации														
	супесь			легкие суглинки			средние суглинки			тяжелые суглинки			глина		
	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10	1-3	3-5	5-10
1. Каракалпакстан	1,5-	1,6-	1,7-	1,8-	2,0-	2,2-	2,0-	2,3-	2,5-	2,2-	2,6-	2,9-	2,5-	2,9-	3,2-
	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,2	2,5	2,6	2,5	2,8	3,0	2,8	3,1	3,4
2. Андижанская	1,4-	1,6-	1,7-	1,7-	2,0-	2,1-	1,9-	2,3-	2,5-	2,1-	2,6-	2,8-	2,4-	2,8-	3,2-
	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,1	2,4	2,6	2,4	2,7	3,0	2,7	3,0	3,3
3. Бухарская	1,5-	1,7-	1,8-	1,8-	2,1-	2,2-	2,1-	2,4-	2,6-	2,4-	2,7-	3,0-	2,6-	3,0-	3,3-
	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,5	2,7	2,6	2,9	3,1	2,9	3,2	3,4
4. Джизакская	1,5-	1,7-	1,8-	1,8-	2,1-	2,2-	2,1-	2,4-	2,6-	2,3-	2,7-	2,9-	2,6-	3,0-	3,3-
	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,5	2,7	2,6	2,8	3,0	2,8	3,2	3,4
5. Кашкадарьинская	1,5-	1,7-	1,8-	1,9-	2,1-	2,2-	2,1-	2,4-	2,6-	2,4-	2,7-	3,0-	2,6-	3,0-	3,3-
	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,5	2,7	2,6	2,9	3,1	2,9	3,2	3,5
6. Навоийская	1,5-	1,7-	1,8-	1,8-	2,1-	2,2-	2,1-	2,4-	2,6-	2,3-	2,7-	2,9-	2,6-	3,0-	3,3-
	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,5	2,7	2,5	2,8	3,0	2,8	3,2	3,4
7. Наманганская	1,4-	1,6-	1,7-	1,7-	2,0-	2,1-	2,0-	2,3-	2,5-	2,2-	2,6-	2,9-	2,4-	2,9-	3,2-
	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,2	2,4	2,6	2,4	2,8	3,0	2,7	3,1	3,4
8. Самаркандская	1,4-	1,6-	1,7-	1,7-	2,0-	2,2-	2,0-	2,3-	2,5-	2,2-	2,6-	2,9-	2,4-	2,9-	3,2-
	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,2	2,5	2,6	2,4	2,8	3,0	2,7	3,1	3,4
9. Сурхандарьинская	1,5-	1,7-	1,8-	1,9-	2,1-	2,2-	2,1-	2,4-	2,6-	2,4-	2,7-	3,0-	2,6-	3,0-	3,3-
	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,5	2,7	2,6	2,9	3,1	2,9	3,2	3,5
10. Сырдарьинская	1,4-	1,6-	1,7-	1,7-	2,0-	2,1-	1,9-	2,3-	2,5-	2,1-	2,5-	2,8-	2,3-	2,8-	3,2-
	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,1	2,4	2,6	2,4	2,7	3,0	2,6	3,0	3,3
11. Ташкентская	1,4-	1,6-	1,7-	1,7-	2,0-	2,2-	2,0-	2,3-	2,5-	2,2-	2,6-	2,9-	2,5-	2,9-	3,2-
	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,2	2,5	2,6	2,5	2,8	3,0	2,8	3,1	3,4
12. Ферганская	1,4-	1,6-	1,7-	1,7-	2,0-	2,2-	2,0-	2,3-	2,5-	2,2-	2,6-	2,9-	2,4-	2,9-	3,2-
	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,2	2,5	2,6	2,4	2,8	3,0	2,7	3,1	3,4
13. Хорезмская	1,5-	1,7-	1,7-	1,8-	2,0-	2,2-	2,1-	2,4-	2,6-	2,3-	2,7-	2,9-	2,5-	3,0-	3,3-
	1,6	1,8	1,8	2,0	2,1	2,3	2,2	2,5	2,7	2,5	2,8	3,0	2,8	3,2	3,4

Примечание: первое число для сульфатно-хлоридного, второе-для хлоридного засоления

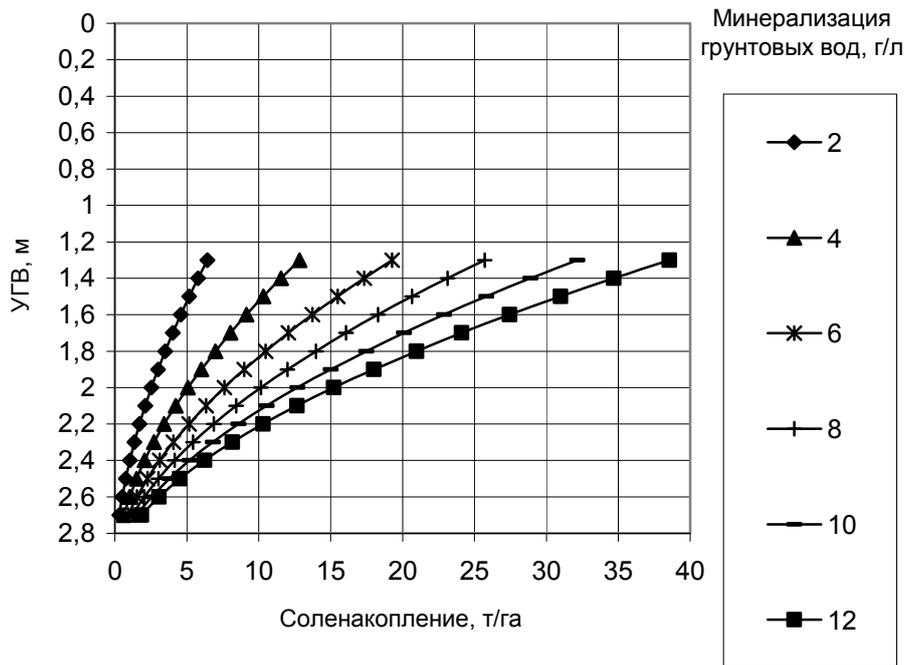


Рис. 4. Зависимость накопления солей при различном уровне и минерализации грунтовых вод в средне-суглинистых грунтах, по Сырдарьинской области

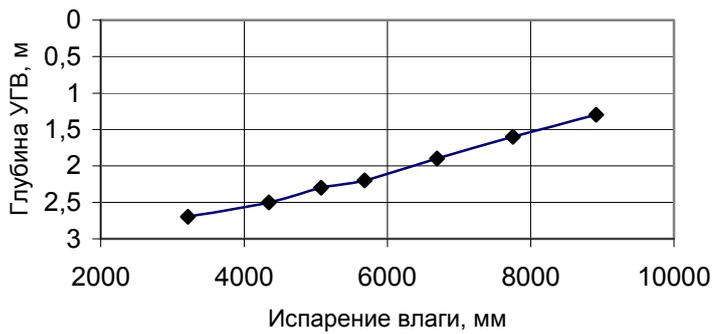


Рис. 5. Суммарное испарение с хлопкового поля по Ц-П-Б

Таблица 6

Рекомендуемые мелиоративные режимы для поддержания мелиоративного благополучия орошаемых земель

Наименование областей	Мехсостав почвогрунтов	Допустимая глубина УГВ, i	Критическая минерализация грунтовой воды, г/л	Критический дренажный сток, тыс.м <sup>3</sup> /га	Дренажный модуль, л/с/га	Структура баланса		
						Доля грунтовых вод в суммарной испарения, %	дренажный сток, в % от водопада	дренажный сток, в % от суммарной испарения
Каракалпакстан	легкие	1,1-1,6	2,79	8,13	0,26	32	100	100
	средние	1,5-1,8	3,77	6,39	0,20	41	79	100
	тяжелые	1,7-2,2	4,86	5,93	0,19	51	73	100
Андижанская	легкие	1,1-1,5	4,55	4,07	0,13	36	57	57
	средние	1,4-1,7	5,64	3,67	0,12	38	52	56
	тяжелые	1,5-2,1	6,72	3,73	0,12	43	52	64
Бухарская	легкие	1,7-2,2	5,45	3,53	0,11	23	39	64
	средние	2,4-2,5	7,35	2,88	0,09	27	31	62
	тяжелые	3,0-3,2	9,93	2,59	0,08	36	28	79
Джизакская	легкие	1,5-2,0	6,87	2,87	0,09	26	55	61
	средние	2,1-2,3	9,16	2,37	0,07	30	45	60
	тяжелые	2,3-2,8	10,87	2,43	0,07	47	46	92
Кашкадарьинская	легкие	1,5-2,0	7,39	2,47	0,07	23	30	48
	средние	2,1-2,3	8,58	2,40	0,07	28	29	54
	тяжелые	2,6-2,9	11,05	2,26	0,07	40	28	74
Навоиская	легкие	1,2-1,7	3,72	5,49	0,17	40	74	91
	средние	1,6-1,9	4,63	4,86	0,15	44	66	87
	тяжелые	2,0-2,3	5,07	4,69	0,15	50	64	97
Наманганская	легкие	1,1-1,6	5,56	3,20	0,10	39	56	52
	средние	1,4-1,7	5,88	3,45	0,11	45	61	59
	тяжелые	1,6-2,2	7,68	3,19	0,10	48	56	65
Самаркандская	легкие	1,1-1,6	5,76	3,00	0,09	39	49	49
	средние	1,5-1,8	6,82	2,88	0,09	41	47	49
	тяжелые	1,6-2,2	7,81	3,07	0,10	49	51	62
Сурхандарьинская	легкие	1,3-1,7	4,22	4,43	0,14	44	53	77
	средние	1,7-2,0	5,41	3,86	0,12	47	46	76
	тяжелые	1,9-2,4	6,41	3,95	0,12	57	47	91
Сырдарьинская	легкие	1,4-1,9	7,57	2,49	0,08	21	40	47
	средние	1,9-2,1	8,62	2,46	0,08	27	39	51
	тяжелые	2,1-2,6	10,74	2,39	0,08	34	38	64
Ташкентская	легкие	1,1-1,6	5,17	3,42	0,11	41	52	56
	средние	1,5-1,8	6,17	3,24	0,10	45	49	58
	тяжелые	1,7-2,2	7,31	3,31	0,10	51	50	68
Ферганская	легкие	1,1-1,6	4,78	3,92	0,12	39	62	64
	средние	1,5-1,8	5,85	3,58	0,11	42	57	63
	тяжелые	1,6-2,2	7,87	3,71	0,12	47	59	73
Хорезмская	легкие	1,2-1,7	3,75	5,27	0,17	32	54	78
	средние	1,6-1,9	4,37	5,06	0,16	38	52	80
	тяжелые	1,8-2,3	5,40	4,94	0,16	44	51	89

## РАЗДЕЛ V. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ И НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ О ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСАХ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

### 5.1. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ИНТЕРФЕЙСА РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-СОВЕТУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ (ИИСС) В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К ИНФОРМАЦИИ О ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСАХ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

А.И. Тучин, Д.А. Сорокин, А.С. Никулин

Цель работы: разработка основных информационных структур и базовых принципов построения пользовательского интерфейса региональной интегрированной информационно-советующей системы на основе современных компьютерных технологий, с учетом требований предъявляемых к информации о водных и земельных ресурсах Аральского моря.

Был проведен экспресс анализ основных, современных, используемых при проектировании и разработке прикладных информационных баз данных реляционного типа.

#### Структура

**Компоненты:** БД, ГИС, модель (модули), интерфейс. Расположена на файл-сервере.

**Программное обеспечение:** Access97, Arc View/Info; Visual Basic, GAMS.

**Блоки:** экономика, поверхностные воды, подземные воды, земля, качество воды, климат, индустрия, административно-справочный, экология Арала и Приаралья, гидроэнергетика, социально-экономический.

**Недостатки:** не все блоки просматриваются через интерфейс (нет доступа к блокам “качества воды”, “экология Арала и Приаралья”, “гидроэнергетика”); не налажена связь с источниками (поставщиками) данных и отсутствует (как программный продукт) система сбора первичных данных; ограниченные возможности файл-сервера не позволяют пользоваться преимуществами современных технологий связи (защита от искажения, хищения, разгрузка клиента, автоматическая проверка, многопользовательский режим, Internet и др.).

#### По блоку “поверхностные воды”:

- Не подсоединены отдельные таблицы БВО по водным ресурсам;
- Не подсоединён модуль и БД по естественным ресурсам рек (данных Гидромета) и они не используются автоматически в моделях;
- Отсутствуют некоторые запросы по формированию важной вторичной информации – анализ, агрегирование и др. (например: расчет фактических объёмов использования поверхностных вод в зонах планирования, в том числе трансграничные, локальные);
- Отсутствует некоторая важная “нормативная” и расчетная информация: лимиты на водозабор, русловые потери по участкам, периодам времени, санпопуски и др.;
- По многим “элементам” информации отсутствуют сообщения (комментарии) по источникам и поставщикам (что не одно и тоже) данных, нет сведений о первичном

документе, способе (процедуре) сбора и движения данных, периодичности сбора (пополнения) и др..

#### **По блоку “качество воды”:**

- Информация разобщена, дублируется, не подключена к информационному комплексу;
- Таблицы требуют корректировки по объектам и параметрам (в таблицах отсутствуют некоторые главные ионы, минерализация как элементы таблицы), требуют пояснений об осреднении (за какой период) или фиксировании данных (дата замера);

В целом в БД WARMIS, из 104 просмотренных таблиц в запросах используются только 84. Из анализируемой информации наилучшим образом отработано по структуре, связям “социально-экономический” блок, наихудшим образом - “качество воды”.

#### **Наполнение БД**

По большинству таблиц блока “поверхностные воды” информация после 1997 года отсутствует. Заполнены до 2000 года таблицы Intake, Escape, Transfer, RiverNode по Узбекским объектам, Intake по Киргизии и Transfer, Reservoir по Киргизии, Казахстану. По источникам естественных ресурсов данные отсутствуют после 1999 года.

Представленные сведения о наличии информации по водным ресурсам и их качеству не содержат ряд таблиц, которые потенциально могут быть подсоединены к единой системе (данные БВО и др.).

Так, например, для гидрохимических расчетов можно использовать информацию о минерализации воды и ионном составе рек, которая хранится в форматах БВО и не входит структурно в WARMIS. В таблицах БВО состояние качества воды оценивается для гидропостов рек, каналов, сбросов КДВ, по декадам, по всем основным гидрохимическим показателям. К сожалению, структура таблиц БВО (хорошо отработанная) не соответствует структуре WARMIS и поэтому данными БВО трудно пополнять блок качества WARMIS.

#### **Усиление WARMIS**

Усиление WARMIS возможно в следующих направлениях:

- Классификация первичных документов, источников, поставщиков (если их нет надо определить) первичной информации, с целью ликвидации дублирования, подготовки перечня оперативной информации, которую необходимо заполнять ежемесячно; соответственно должны быть разработаны специальные формы (в составе интерфейса), информационные запросы; в конечном итоге – автоматизированная система сбора первичной информации;
- Внедрение отдельных блоков и модулей WARMIS в систему БВО и Минсельводхоза. Например, существует предварительная договоренность с Минсельводхозом Узбекистана (Гаппаров Х.К.) о подключении части БД и расчетного модуля, включая ГИС в систему сбора оперативной информации и планирования. При этом работы по наполнению БД могут выполнять сами операторы министерства. Таким образом повысится достоверность, оперативность поступления и эффект от применения информации. В дальнейшем передача подобной информации должна быть автоматизирована;
- Внесение предложений по наполнению БД новой информацией, необходимой для эффективной работы модулей и моделей; разработка соответствующих запросов и

трансляторов (в структуре интерфейса). Включение новых групп объектов предполагает четкость и ясность классификационных признаков. Например, существующее в БД разделение на трансграничные и национальные (локальные, местные) реки не соответствует схемам, принятым в гидрологической модели, что затрудняет (без соответствующей селекции) использования данных из БД для ASB-ММ;

- Разработка автоматизированной системы поставки информации из БД пользователям (уровни, состав пользователей, ограничения по доступу, переход на архитектуру “клиент-сервер”);
- Совершенствование интерфейса на базе Delphi 7 Studio, совместимой с InterBase и др. серверами баз данных, с возможностью создания Web – приложений. Перевод БД с Access на InterBase, что может резко сократить оплату услуг по связи;
- Разработка концептуальной информационной модели движения и обработки данных между уровнями сбора и использования данных, уровнями управления (басейн, ВХР, река, объект; или межгосударственный, национальный, ведомственный и др.); реализация модели в виде программных продуктов, формирование и развитие пользователей сети.

### **Предложение по совершенствованию ИС**

Существующая ИС ВАРМИС требует совершенствования в части улучшения структуры БД, разработки новых приложений, основанных на современных и эффективных технологиях сбора, обработки и обмена информации.

Получение определенных обобщающих сведений, которые помогли бы принять управляющие решения, должны покрывать информационный дефицит и основываться на данных по всему региону, как из зоны формирования стока, так и из зоны рассеивания.

Основной целью работы является создание региональной информационной системы в водохозяйственных и смежных организациях Центральной Азии. Информационная система должна включать в себя не только базу данных по водным объектам, но и базу данных в смежных областях, например экономика, и т.д., а так же иметь возможность удаленного доступа для обращения к информации в диалоговом режиме и в реальном времени заинтересованных сторон по всему региону.

#### **Описание основных блоков ИС**

##### **Блок ПОЛЬЗОВАТЕЛИ**

Этот блок состоит из лиц имеющих возможность и разрешение (доступ) работать с ИС через Интернет, т.е. просматривать интересующие данные, отчеты, без возможности редактировать.

##### **Блок ПОСТАВЩИК ИНФОРМАЦИИ**

К этому блоку относятся лица имеющие возможность работать с ИС через Интернет, т.е. просматривать, редактировать, а главное – вводить новую информацию по существующим правилам ИС (Министерства, Гидрометслужбы, БВО, Технические центры и др.). У каждого поставщика информации должен быть индивидуальный доступ (пароль) и обязанность ввода информации по протоколу.

##### **Блок WEB-SITE ПРИЛОЖЕНИЕ**

Веб страница (Web-site), в которой наряду с существующим описанием ИС, имеется возможность загрузки интерфейса ИС через Интернет.

Содержание страницы, отправляемой пользователю, не должно быть простой копией файла на сервере, а должно создаваться динамически - программным путем, в зависимости от действий пользователя. Пользователь системы может иметь технически слабый компьютер, способный запустить только браузер. Все нагрузки ложатся на сервере, что значительно снизит финансовые требования на оборудование и эксплуатацию. Упростится администрирование системы, реализуется удобство хранения данных и возможность удаленной работы.

#### Блок ИНТЕРФЕЙС

Интерфейс представляет собой Web-сервер, управляющий БД через Интернет. Интерфейс ИС, позволяет пользователю (в зависимости от уровня доступа) работать с БД. Интерфейс будет написан в среде Delphi. Интерфейс будет иметь возможность переключения языка с русского на английский и наоборот, снабжен электронной справочной системой. У пользователя будет возможность выбора из существующих в системе готовых запросов, увязки нужной информации по выбранным параметрам (по уровню доступа). Заполнения, редактирования информации. Повышается оперативность представления данных, сразу несколько поставщиков информации одновременно смогут работать в информационной системе, и не нужно будет иметь специального оператора, занимающегося набивкой, корректировкой и т.д. большого объема данных. Повысится контроль над источником данных администратором системы. То есть некорректно заполненный блок БД можно будет всегда отследить и дать знать об этом поставщику информации (удаленному пользователю).

#### Блок БАЗА ДАННЫХ

База данных будет иметь несколько уровней данных: бассейновый, государственный, зоны планирования и т.д., и состоять из следующих блоков: вода, земля, климат, энергетика, экология, социально-экономический.

База данных будет иметь интернет-архитектуру, а доступ к базе данных и СУБД осуществляться из браузера по стандартному протоколу. Это предъявляет минимальные требования к клиентскому оборудованию. В этом случае не требуется разрабатывать специальные клиентские программы и собственные спецификации обмена данными между сервером и клиентскими местами.

Будет возможность работы с базой данных в многопользовательском режиме.

В первую очередь должны быть определены блоки информации в информационной системе, источники и потребители информации. Это могут быть организации МКВК, минсельводхозы, гидрометслужбы и другие водохозяйственные организации региона.

После предварительной разработки структуры системы и создания ее шаблона необходимо проведения семинара со всеми заинтересованными сторонами (поставщики и потребители информации) для корректировки проводимых разработок.

Для всех клиентов информационной системы должен быть определен уровень доступа: потребители информации (только чтение), поставщики информации (чтение-запись), администратор системы (полный доступ). Причем каждый пользователь должен быть снабжен идентификационным паролем входа в систему, для повышения ответственности работы с данными по конечному протоколу работы.

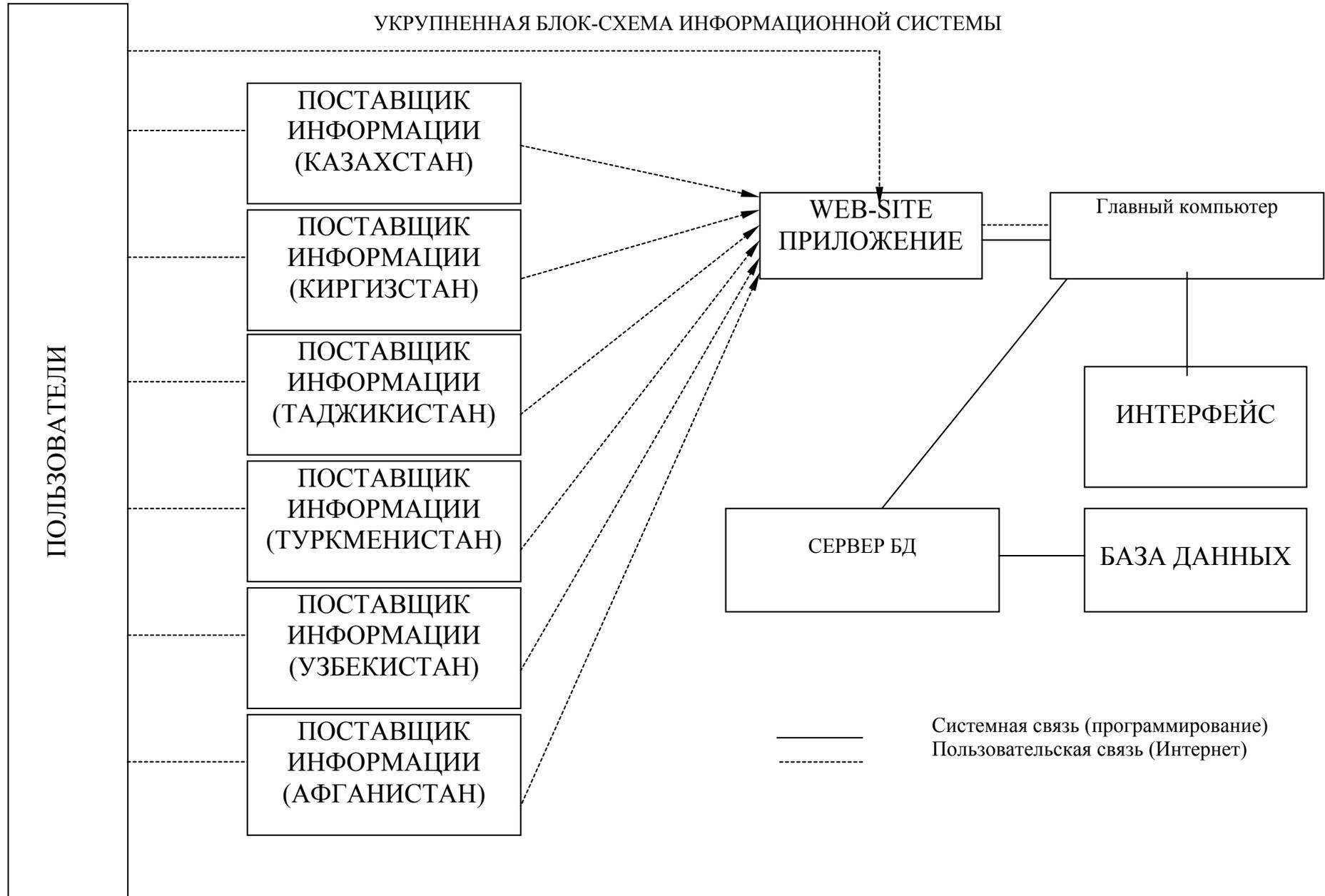
Программной архитектурой разрабатываемого приложения информационной системы предлагается избрать Интернет-архитектуру.

Реализация информационной системы предлагается с помощью разработчика корпоративных приложений Delphi 7 Studio Architect. Выбор данного программного

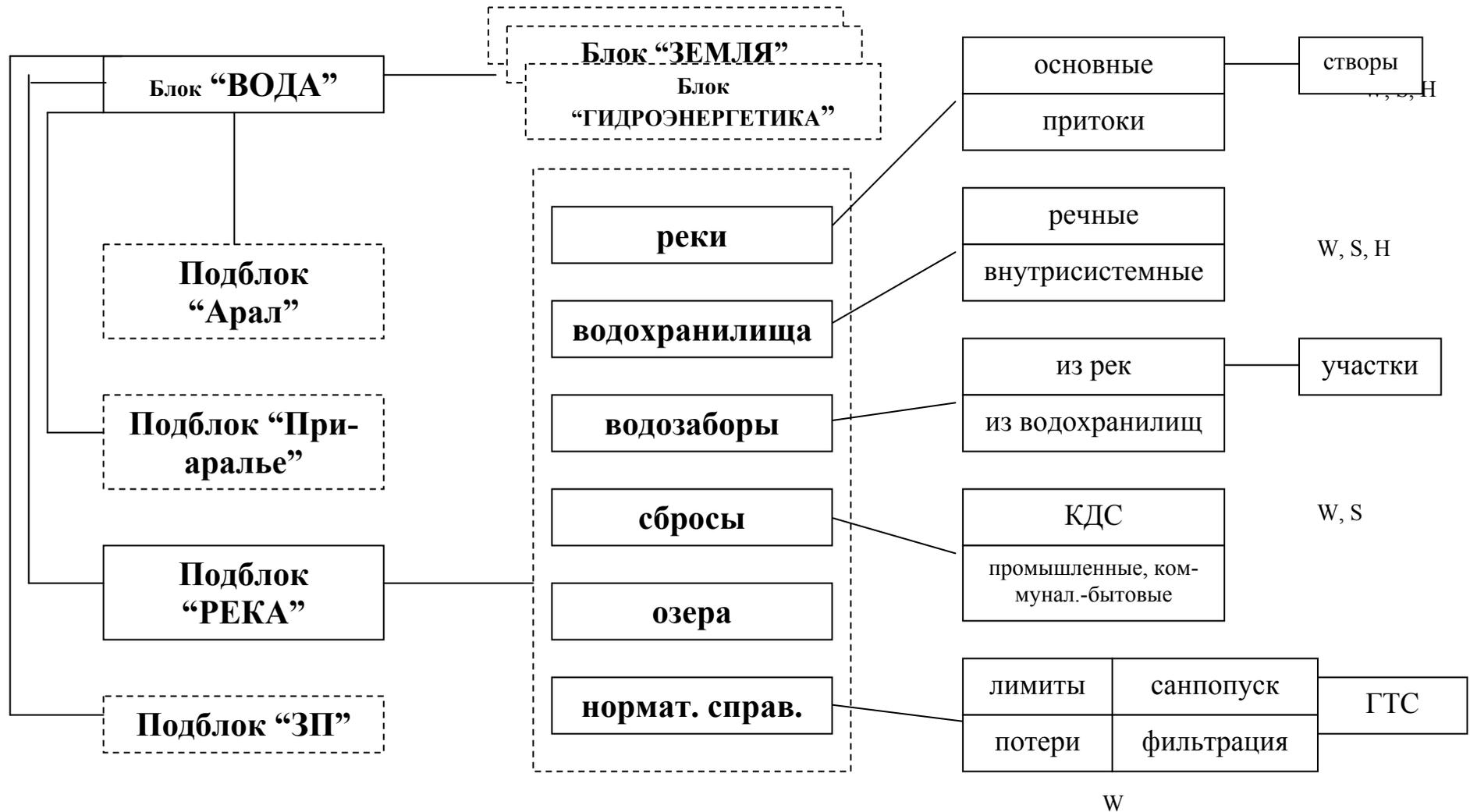
продукта объясняется тем, что с использованием его одного можно создать систему любой сложности, включающую в себя базу данных, клиентскую программу, программную прослойку между клиентской программой и базой данных, компоненты для работы с Интернет, в том числе клиентский браузер и приложения Web-сервера.

Информационная система будет разрабатываться, а затем эксплуатироваться не один год. За это время на рынке информационных технологий происходят заметные изменения. Фирма Borland, являющаяся разработчиком и поставщиком Delphi пользуется огромным авторитетом среди программистов всего мира и является лидером в разработке программных продуктов, что гарантирует высокий уровень разработок и возможность их модернизации в будущем.

## УКРУПНЕННАЯ БЛОК-СХЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

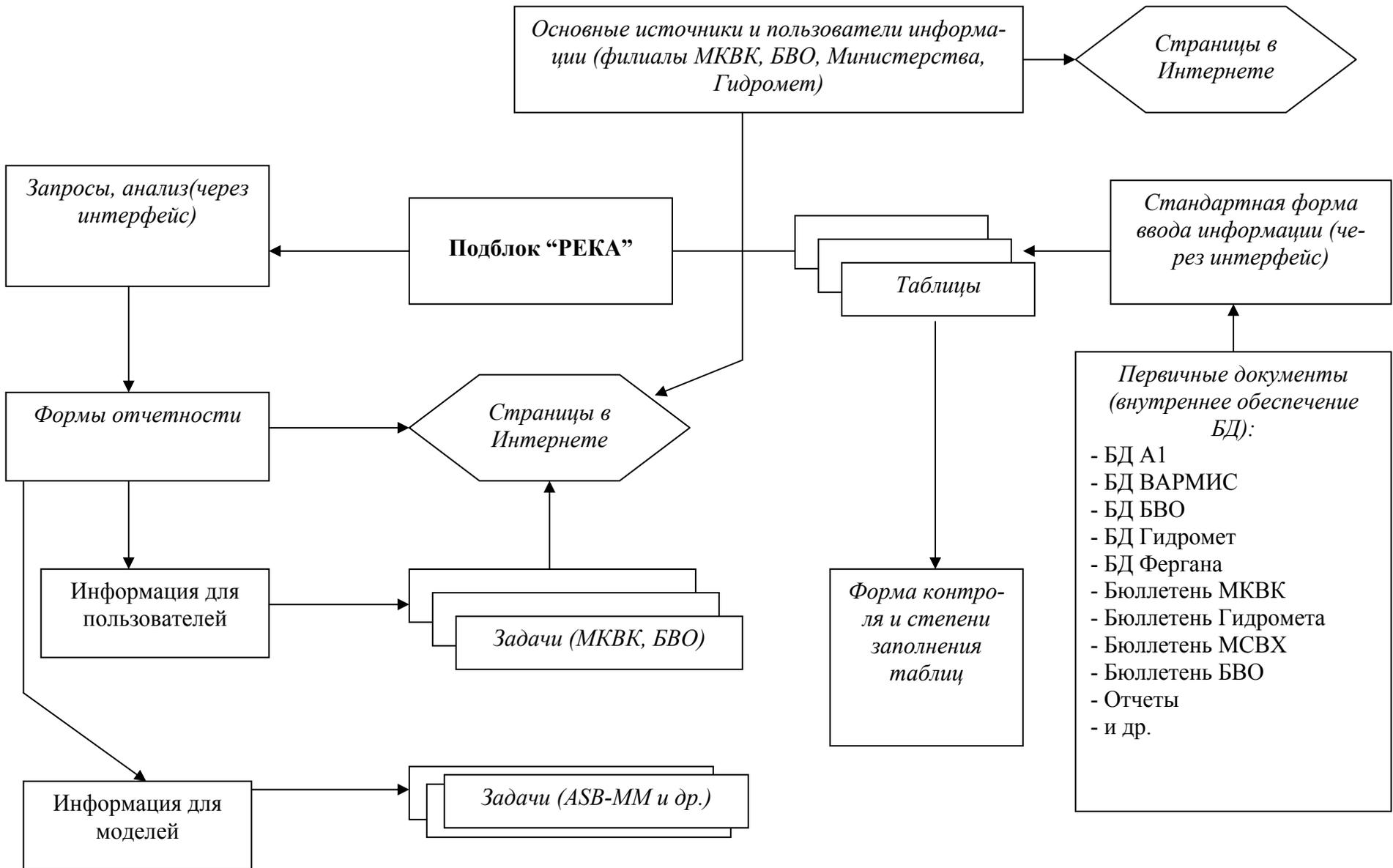


## Пример структуры БД



*W* - объемы, *S* - минерализация, *H* - уровни

## 1-й этап совершенствования БД. Работа по подблоку “Река” блока “Вода”



Был проведен анализ основных объектов, информационных структур, информационных потоков, функциональных связей баз данных ВАРМИС, ВУФМАС, ИУВР с целью дальнейшей увязки с ИИСС. Определены основные информационные потоки, их функциональные связи, разработана информационная структура основных объектов.

### Структура

**Компоненты:** БД, ГИС, модель (модули), интерфейс. Расположена на файл – сервере.

**Программное обеспечение:** Access97, Arc View/Info; Visual Basic, GAMS.

**Блоки:** экономика, поверхности воды, подземные воды, земля, качество воды, климат, индустрия, административно-справочный, экология Арала и Приаралья, гидроэнергетика, социально-экономические аспекты.

Были определены основные требования к базе данных, к обеспечению достоверности и непротиворечивости информации:

- Локальная автономия. Управление данными на каждом из узлов распределенной системы выполняется локально. Будучи фрагментом общего пространства данных, информационный блок, в то же время функционирует как полноценная локальная база данных.
- Децентрализация. Все информационные блоки равноправны и независимы, а расположенные в них базы являются равноправными поставщиками информации в общее пространство данных.
- Непрерывность операций. Возможность непрерывного доступа к данным вне зависимости от их удаленности и операций, выполняемых над ними.
- Прозрачность расположения. Все операции над данными выполняются без учета их местонахождения. Передача и обработка запросов к базам данных осуществляется встроенными системными средствами.
- Независимая фрагментация. Возможность распределенного размещения данных, логически представляющих собой одно целое.
- Независимое тиражирование. Асинхронный процесс переноса изменений объектов исходного информационного блока в другие блоки информации.
- Обработка распределенных запросов. Возможность выполнения операций выборки, сформированных в рамках обычного запроса на языке SQL.
- Обработка распределенных транзакций. Возможность выполнения операций обновления базы данных, не разрушающих целостность и согласованность данных.
- Независимость от оборудования. В качестве узлов распределенной системы должны выступать компьютеры любых моделей и производителей.
- Прозрачность сети. Доступ к любым базам данных должно осуществляться по сети.

Для кодировки основных объектов и их составляющих в разрабатываемой базе данных предполагается применение способа прямого порядкового кодирования. Применение этого способа позволит представить все существующие объекты исследуемой предметной области в виде единого множества элементов, что упрощает процедуры сопровождения этих объектов. В терминах информационной базы данных все множество основных объектов и их составляющих будет храниться в специально созданной таблице.

Требования к интерфейсу следующие:

1. Бесперебойное взаимодействие с другими приложениями Windows (возможность работы в многозадачном режиме, обмен информацией и т.д.).

2. Взаимодействие с буфером обмена Windows (использование печати, перенос отображения экрана в другие документы).
3. Возможность использования гиперссылок для быстрого перехода в другие окна информационной системы
4. Возможность использования таблиц, отображающих данные информационной системы.
5. Возможность использования фреймов для многооконного отображения информационной системы на экране
6. Использование графики в наглядном представлении информации в системе
7. Возможность системных настроек: разрешение экрана, доступность шрифтов и т.д.

Были спроектированы и реализованы информационные структуры основных объектов, спроектирована и реализована начальная версия пользовательского интерфейса, частично проведено информационное наполнение ИИСС по основным объектам интерфейса.

Разработана и введена новая система принятия и набивки поступающей информации в БД. Каждое ответственное лицо за тот или иной блок информации в БД (земля, вода и т.д.) готовит **акт поступления информации** по источникам, а также **акт последующей обработки и набивки** новой информации непосредственно в БД. Все акты проверяются администратором БД на соответствие – информация в акте и информация в электронной версии, после чего на соответствие – информация о наличии забытых данных в акте и набитые данные непосредственно в том или ином блоке БД. После каждой такой операции обновляется БД администратором.

Информация из Гидромета о более 1000 створах (расход воды) с начала их функционирования по бассейнам Амударьи и Сырдарьи (вся ЦА включая Афганистан) получена в Fortran-текстовом формате. Для преобразования в простой текстовый файл удобный для последующего преобразования в нужный формат БД ИС, была создана **специальная программа** транслятор с помощью которой на данный момент преобразовано 80-90% информации из Гидромета. По ходу преобразования данных готовится акт сдачи.

### О представлении данных через Интернет

Для устойчивого функционирования Региональной Информационной Базы в среде Интернет в начале ее разработки необходимо определить требования к разрабатываемой системе и анализ существующих современных технологий создания Интернет-приложений.

Основные требования к Web-модулю, управляющим базой данных, определены следующие:

- Диалоговый режим системы
- Отсутствие настройки и обслуживания на стороне клиента
- Возможность обеспечения одновременной работы большого количества пользователей
- Совместимость, используемых оперативных систем и платформ клиентов и сервера Информационной Базы
- Безопасность данных от не санкционированного доступа к ним

Исходя из определенных требований к Информационной Базе, был проведен анализ информационных технологий разработки Web-приложений, работающих с базами данных.

Данный анализ может быть действенным только в том случае, когда проводится не описание технической литературы по данной теме с выводами, а когда происходит реализация данной технологии на конкретном компьютере и оценивается её возможность в зависимости от полученных результатов.

С этой целью на компьютер был инсталлирован *Web Server Application*, позволяющий имитировать работу полноценного Web-сервера, не используя непосредственно сеть Интернет. Для разработки пробных проектов были созданы Web-модули с использованием технологий *Web Broker*, *Web Snap*, *Web Services* и *IntraWeb*.

Анализ возможностей созданных пилотных модулей показал, что перспективной технологией на данный момент при создавшихся условиях являются *Web Snap*. Web-модуль, созданный с помощью данной технологии, может быть реализован на Web-сервере *Apache*, используемый в НИЦ МКВК. Кроме того, в отличие от других рассматриваемых технологий позволяет поддерживать сессии и тем самым легко реализовать идентификацию пользователя при доступе к Web-страницам. Но главное, она поддерживает HTML шаблоны страниц, что позволяет разделить труд программиста и дизайнера (информационный отдел НИЦ МКВК). Тем самым будет создана преемственность дизайна интерфейсов модуля данных с Web-сервером НИЦ МКВК. На данный момент времени создан своеобразный имидж программиста-одиночки, способного за пару бессонных ночей написать нужную заказчику программу. Однако сегодня программирование безусловно превратилось из искусства в ремесло. Работодателей интересует прежде всего скорость и качество создания программы в коллективе, а эти характеристики может обеспечить только *Web Snap*, способная взять на себя значительные объемы рутинной работы по подготовке приложений, а также согласовать деятельность группы постановщиков, кодировщиков, тестеров и технических писателей.

Однако с разработкой Web-модуля в *Web Snap* необходимо продолжать разработки с применением технологий *Web Services* и *IntraWeb*.

*Web Services* ориентируется не на представлении информации человеку в удобной для восприятия форме, а на обмене информацией между приложениями. Применение в качестве транспортного протокола доставки сообщений протокола *HTTP* позволяет взаимодействовать клиента и сервера вне зависимости от аппаратной платформы и операционной системы. Помимо транспортного протокола для вызова методов сервера используется протокол *SOAP*, описывающий формат сообщения вызова методов сервера. В регионе Центральной Азии существует полная монополия аппаратной платформы *IBM*, однако при перспективе интеграции CAREWIB в информационные системы Европы и Америке, где половина компьютеров имеют аппаратную платформу *Macintosh*, применение технологии *Web Services* необходимо.

Технология *IntraWeb* позволяет создавать приложения на платформе *.NET*, которая в скором времени придет на смену платформы *Win32* и является следующей, эволюционной ступенью *Windows*, приход которой неизбежен. *IntraWeb* также годится для разработки страниц *Web Snap* приложений.

### 5.1.1. РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ИНФОРМАЦИОННОГО НАПОЛНЕНИЯ ИИСС

Д.А.Сорокин, С.Г. Жерельева

Цель работы - развитие сфер применения ГИС в увязке с базой данных для мониторинга и информационного наполнения ИИСС.

ГИС – географическая информационная система, позволяющая получать любую картографическую информацию, хранить и использовать данные. В увязке с другими программными продуктами (ACCESS – GIS, GIS - ACCESS) мы имеем возможность получать более четкое представление о мелиоративном состоянии той или иной территории, о залегании грунтовых вод, минерализации грунтовых вод, засолении, о типах почв и т.д.

#### **Анализ баз данных WARMIS**

Ранее созданная в РИВЦ НИЦ МКВК в рамках WARMIS картографическая база данных ГИС и база данных в Access связаны между собой едиными кодами. т.е. в атрибутивных полях в ГИС были даны коды всех вводимых в тот или иной слой объектов точно такой же код задавался данному объекту в базе данных в Access. Например, если мы вводим код Андижанской области в ГИС 1703001, то точно такой же код данной области мы должны ввести в базу данных в Access. Это касается и всех вводимых объектов. В WARMIS такая связь была проведена.

В базе данных WARMIS было создано большое количество покрытий по всему Центрально-Азиатскому региону.

Например, была создана карта административного деления Центрально-Азиатского региона и гидрологическая карта. Эти карты при их наложении дают наглядное представление о том какую часть поверхностных вод можно отнести к трансграничным водным ресурсам, а какую часть - к местным.

Для получения такой (либо подобной) информации в РИВЦ НИЦ МКВК (в рамках ВАРМАП) была проведена большая работа по созданию слоев:

- Административное деление всего Центрально-Азиатского региона (Казахстан, Узбекистан, Таджикистан, Кыргызстан, Туркменистан (границы государств, областей, районов));
- Водная инфраструктура всего Центрально-Азиатского региона (озера, реки, каналы);
- Гражданская инфраструктура (города, крупные населенные пункты);

Параллельно с базой данных в ГИС (создание слоев) создана база данных WARMIS, которая позволила провести кодирование всех объектов представленных в ГИС. В базе данных WARMIS построение структуры объектов начинается с уровня государства, далее область, район либо зона планирования, схема кодирования объектов показана на рис. 1.

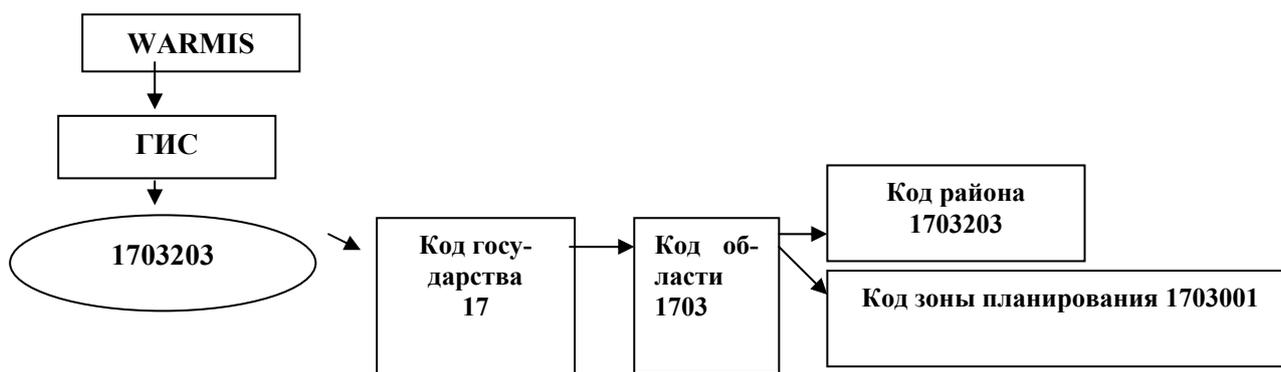


Рис. 1

Созданная в НИЦ МКВК карта ирригационных зон позволит иметь представление о расположении орошаемых земель в Центрально-Азиатском регионе и их площадей.

Таким образом, связь базы данных WARMIS с ГИС позволяет иметь как картографическую информацию, так и информацию в табличной форме.

В РИВЦ НИЦ МКВК ранее созданы покрытия отражающие динамику осушения дна Аральского моря с 1957 по 1996 годы. За последнее время с помощью спутниковых снимков были созданы покрытия Аральского моря за 1999-2001 год.

Так как разрабатываемая нами ГИС должна отображать информацию на двух уровнях (региональный и национальный) создаются покрытия разного масштаба. Для создания каждого информационно-графического подраздела было создано большое количество покрытий, в РИВЦ НИЦ МКВК создано порядка 80 покрытий, которые отражают достаточно разнообразную информацию, в табл. 1 приведены те покрытия, которые были использованы при создании карт использованных в различных работах по МКВК и проектах.

В данной таблице приводятся только основные покрытия, которые чаще используются для выполнения тех или иных работ.

Проведенный анализ показал, что база данных ГИС, в основном, создавалась для трех уровней – государство, область, район.

#### **Анализ картографических материалов по Проекту ИУВР-Фергана, Copernicus**

Если ранее в проекте WARMIS вся информация основывалась на трех уровнях – государство, область, район, то в данных проектах прибавляются еще несколько уровней – АВП (ассоциация водопользователей), хозяйство, контур орошения, поле. Здесь осуществляется связь района-зоны планирования с АВП, хозяйством, полем (рис. 2).

## Перечень основных тематических покрытий

Имя покрытия	Тематика покрытия
Ar_5712	Уровень Аральского моря в 1957г. (линии)
Ar_7712	Уровень Аральского моря в 1977г. (линии)
Ar_8412	Уровень Аральского моря в 1984г. (линии)
Ar_8912	Уровень Аральского моря в 1989г. (линии)
Ar_9612	Уровень Аральского моря в 1996г. (полигоны)
Ar_1999	Уровень Аральского моря в 1999г. (полигоны)
Ar_2001	Уровень Аральского моря в 2001г. (полигоны)
Ch_CAR12	Каналы Центрально-Азиатского региона (линии)
Ch_FV12	Каналы Ферганской долины (линии)
Co_CAR12	Коллектора Центрально-Азиатского региона (линии)
Co_FV12	Коллектора Ферганской долины (линии)
Cy_car12	Города Центрально-Азиатского региона (точки)
Gm_and12	Гидромодульное районирование по Андижанской области (полигоны)
Gm_fer12	Гидромодульное районирование по Ферганской области. (полигоны)
Gm_nam12	Гидромодульное районирование по Наманганской области. (полигоны)
Gm_DG12	Гидромодульное районирование по Джизакской обл. (полигоны)
Gm_kash12	Гидромодульное районирование по Кашкадарьинской области. (полигоны)
Gm_kk12	Гидромодульное районирование по Каракалпакии (полигоны)
Gm_nav12	Гидромодульное районирование по Навоийской области. (полигоны)
Gm_nam12	Гидромодульное районирование по Самаркандской области. (полигоны)
Gm_sir12	Гидромодульное районирование по Сырдарьинской области. (полигоны)
Gm_tash12	Гидромодульное районирование по Ташкентской области. (полигоны)
Gm_bux12	Гидромодульное районирование по Бухарской области. (полигоны)
Gm_xor12	Гидромодульное районирование по Хорезмской области. (полигоны)
Gm_os12	Гидромодульное районирование по Ошской обл. Кыргызстан (полигоны)
In_CAR12	Точки водозаборов ВАРМИС (точки)
Ip_CAR12	Орошаемые площади Центрально-Азиатского региона по спутниковым снимкам (полигоны)
Iz_buh12	Орошаемые зоны Бухарской области (полигоны)
Iz_Car12	Ирригационные зоны ВАРМИС (полигоны)
Lk_CAR12	Озера Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Nd_CAR12	Гидропосты Центрально-Азиатского региона (точки)
Ob_CAR12	Области Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Of_CAR12	Дренажные сбросы Центрально-Азиатского региона (точки)
Pz_CAR12	Зоны планирования Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Rv_CAR12	Реки Центрально-Азиатского региона (линии)
Rv_FV12	Реки Ферганской долины (линии)
Ry_CAR12	Районы Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Sm_and12	Почвенно-мелиоративное зоны Андижанской области (полигоны)
Sm_fer12	Почвенно-мелиоративное зоны Ферганской области (полигоны)
Sm_nam12	Почвенно-мелиоративное зоны Наманганской области (полигоны)
TN_CAR12	Полигоны городов Центрально-Азиатского региона (полигоны)
Ts_and12	Полигоны почвенных разностей Андижанской области (полигоны)
Ts_fer12	Полигоны почвенных разностей Ферганской области (полигоны)
TS_KU12	Полигоны почвенных разностей Южной Каракалпакии (полигоны)
Ts_nam12	Полигоны почвенных разностей Наманганской области (полигоны)
TS_SYR12	Полигоны почвенных разностей Сырдарьинской области (полигоны)
TS_TAS12	Полигоны почвенных разностей Ташкентской области (полигоны)

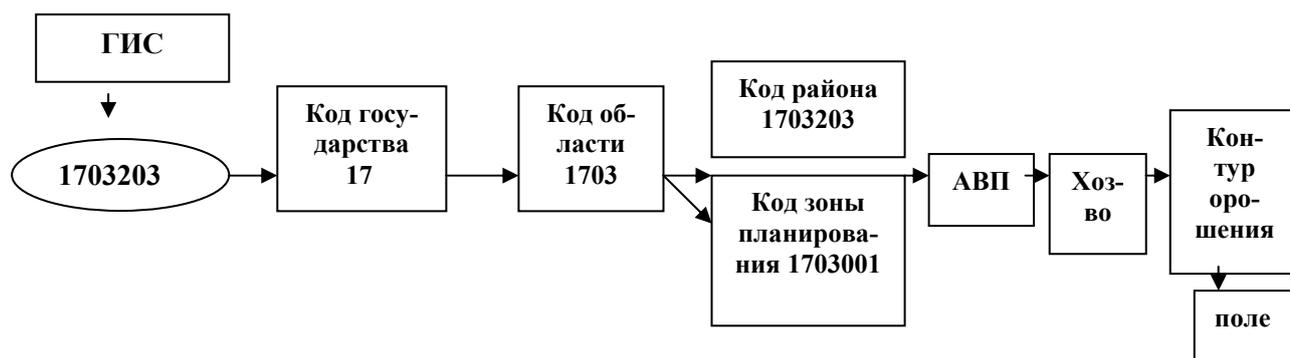


Рис. 2

В данное время создается база данных уже для низших уровней продолжающих иерархическую ступень.

Данная информация позволит более точно определять мелиоративную обстановку тех или иных регионов на разных уровнях и получать вводимую информацию в картографическом виде.

Вся информация по каналам, коллекторам, отводам, АВП, пилотным участкам и полям вводится в базу данных ИУВР-Фергана, проводится кодировка водных объектов – каналы, коллектора, отводы. Вводятся данные посевных площадей, показания гидрометрических устройств и т.д. После окончания кодировки в базе данных точно такие же коды будут внесены в атрибутивные поля в ГИС, что даст возможность в дальнейшем осуществлять связь этих баз данных.

В базе данных ГИС «ИУВР-Фергана» имеются следующие покрытия:

- Административное деление - государство, область, район (Ферганская долина – Узбекистан, Кыргызстан, Таджикистан) - полигоны;
- Водная инфраструктура (каналы, коллектора, отводы) с выделенными тремя пилотными каналами – ЮФК, Гулякандоз, Араван-Акбурунский канал – линейные объекты;
- Покрытия с границами вновь созданных АВП - Акбарабад, Хамдамова, Жапалак - полигоны;
- Покрытия с пилотными хозяйствами и опытными полями – полигоны;
- Почвенные карты по АВП;
- Карты залегания грунтовых вод (АВП);
- Карты по минерализации ГВ.

В проекте Sorernicus база данных с кодировкой объектов и имеющейся информацией не создавалась. Слои созданные в ГИС не кодировались. В данном проекте работа велась на уровне: хозяйство – поле. В дальнейшем планируется создание базы данных «Sorernicus» в Access, куда будет введена вся имеющаяся информация, проведена кодировка всех объектов, соответствующая кодировка будет внесена в атрибутивные поля в ГИС.

## Анализ картографического материала по проекту НАТО

По проекту НАТО в базе данных ГИС имеются следующие покрытия:

- Информация по воде Южного Приаралья, Узбекская часть;
- Урбанизированные площади;
- Система проектированных польдеров;
- Почвенная карта всей Каракалпакии;
- Ландшафтная карта на 1990 год и 2002 год;
- Карта нестабильных ландшафтов;
- Результаты обработки космических снимков площадей естественных озер на различные даты (Landsat);
- Покрытия с отметками высот – топографическая информация послужит основой для построения горизонталей через один метр, масштаб 1: 100 000, для всей Каракалпакии;
- Покрытия с отметками высот – топографическая информация масштаб 1:50 000 и 1:25 000 (не полная информация);

Для информации полученной в ГИС база данных не разрабатывалась. Кодировка слоев не проводилась. В дальнейшем нужно создать базу данных НАТО в Access, внести всю имеющуюся информацию по созданным слоям, дать одинаковые коды в ГИС и в базе данных НАТО, это позволит увязать две базы между собой.

## Полный анализ существующих баз данных ГИС

Ранее созданная в РИВЦ НИЦ МКВК картографическая база данных ГИС и база данных в Access связаны между собой едиными кодами, т.е. в атрибутивных полях в ГИС были даны коды всех вводимых в тот или иной слой объектов точно такой же код задавался данному объекту в базе данных в Access.

В базе данных ГИС было создано большое количество покрытий по всему Центрально-Азиатскому региону.

В ранее созданной базе данных построение структуры объектов начинается с уровня государства, далее область, район либо зона планирования, схема кодирования объектов показана на рис. 3.

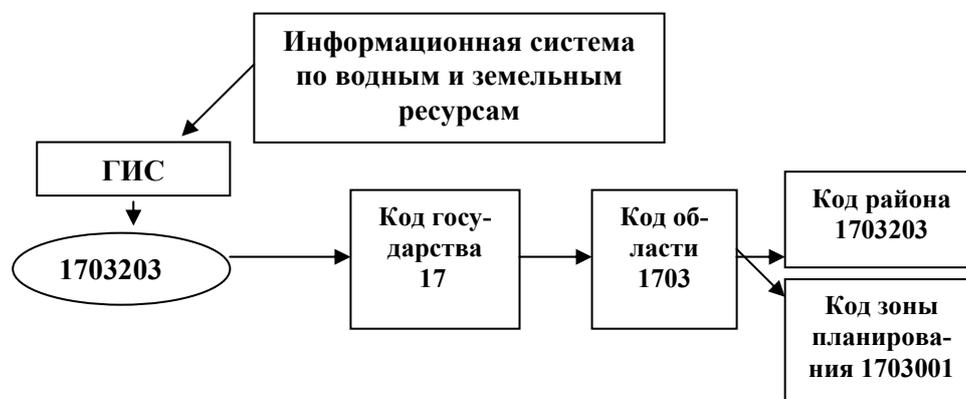


Рис. 3

Если ранее в информационной базе данных вся информация основывалась на трех уровнях – государство, область, район, то в настоящее время прибавляются еще несколько уровней – АВП (ассоциация водопользователей), хозяйство, контур орошения, поле. Здесь осуществляется связь района-зоны планирования с АВП, хозяйством, полем (рис. 2).

В настоящее время проводятся работы по созданию картографического материала по вновь созданным АВП (Ассоциация водопользователей), отдельно выделенным хозяйствам и пилотным полям.

Проведя полный анализ базы данных ГИС (картографический материал) и баз данных созданных в Access видно, что назрела необходимость пополнения базы данных ГИС тематическими слоями низшего уровня (АВП, хозяйство, поле) по всем областям Республики Узбекистан.

Создание географической базы данных является необходимым условием для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственного производства Республики Узбекистан.

База данных в ГИС позволяет иметь четкое представление:

- Об административном делении Государства;
- О водной и гражданской инфраструктурах;
- О состоянии орошаемых земель;
- О типах почв данного региона;
- О засолении почв;
- О залегании грунтовых вод;
- О минерализации грунтовых вод;
- О площадях (орошения, засоления, подвешенных площадях к любому водному объекту и т.д.);
- о местонахождении того или иного хозяйства или пилотного поля;
- о наличии и расположении гидрометрических средств учета за использованием воды и т.д.

В дальнейшем планируется создание единой базы данных увязанной едиными кодами со всеми покрытиями созданными в ГИС на всех уровнях. Увязка будет проводиться по схеме, показанной на рис. 2.

В настоящее время разрабатывается база данных для пилотных каналов, АВП и пилотных хозяйств.

Каждым исследуемым объектам присваивается определенный код, аналогичная кодировка проводится в базе данных ГИС, т.е. каждому объекту в атрибутивных полях присваивается код соответствующий коду в базе данных, созданной в Access.

Взаимоувязка основного покрытия ГИС, отражающего основную ситуацию будет осуществляться с помощью системы кодов.

В базе данных каналу Гуля-Кандоз присвоен код 7001 (табл. 1, 2), такой же код присваивается данному каналу в ГИС.

Хозяйству Б. Хамдамов присваивается код 5075, а водовыделу в данное хозяйство 5303. Соответствующая кодировка присваивается и всем гидропостам.

Присвоение уникальных кодов позволит объединить графическую и табличную информацию, что позволит видеть всю ситуацию данного объекта и при необходимости проводит корректировку тех или иных данных.

Аналогичная кодировка проводится по каналам и хозяйствам.

### 5.1.2. РАЗРАБОТКА В СОСТАВЕ ИИСС КОМПОНЕНТА «ИМИТАЦИОННОЕ И ОПТИМИЗАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ»

Д.А. Сорокин, Т.В. Полтарева

Цель работы – создание компонента «Имитационное и оптимизационное моделирование водохозяйственных процессов» увязанного по основным характеристикам с GIS – модулем и базой данных ИСС.

Имитационное и оптимизационное моделирование водохозяйственных процессов является необходимым компонентом для ИСС, которая должна поддерживать все требования к информации о водных и земельных ресурсах бассейна Аральского моря. Этот компонент, должен давать возможность проводить анализ водопользования, качества воды используемой на орошение, мелиоративного состояния, распределение типов почв, распределения грунтовых вод, минерализации грунтовых вод, др. для того, чтобы можно было оценить состояние водохозяйственной сети на перспективу, предположить действия, которые могли бы повысить водообеспеченность определенных районов и определить, воздействие водохозяйственных процессов на сельхозпроизводство.

Работа над этим компонентом проводится по всему региону Центральной Азии – Узбекистану, Казахстану, Киргизстану, Туркменистану и Таджикистану.

Для того чтобы создать наиболее оптимальную структуру регулирования водохозяйственными процессами в бассейне Аральского моря моделирование необходимо проводить, начиная с уровней зон планирования и уровней бассейнов рек Амударья и Сырдарья спускаясь к уровням хозяйства и поля. Также необходимо учитывать все гидрологические и мелиоративные характеристики каждого объекта исследования.

За основу построения структуры объектов моделирования было решено взять объекты баз данных WARMIS, WUFMAS, Copernicus, Best Practice.

Были разработаны:

- Проанализирована структура объектов исследования в базах данных: WARMIS, WUFMAS, а также результатов работ по проектам: Copernicus, Best Practice;
- Разработана информационная структура исследуемых объектов ИСС для компонента «имитационное и оптимизационное моделирование водохозяйственных процессов»;
- Проведена частичная трансформация исследуемых объектов баз данных WARMIS, WUFMAS и перенесена в базу данных ИСС.

1. Анализ структуры объектов исследования в базах данных: WARMIS, WUFMAS, а также результатов работ по проектам: Copernicus, Best Practice

В НИЦ МКВК были созданы базы данных по водным и земельным ресурсам различного уровня (которые оперируют информацией различного уровня).

- Региональный уровень – WARMIS (информация по пяти государствам Центральной Азии, минимальная единица – район, водные объекты – наиболее крупные и значимые реки, каналы, коллектора)
- Уровень АВП – Best Practice (информация по Казахстану, Узбекистану, Киргизии и Таджикистану, основная водная единица – межхозяйственный канал)
- Уровень хозяйств – Copernicus (основная водная единица – межхозяйственный канал)

- Уровень поля – WUFMAS (основная водная единица – внутриводхозяйственный канал)

### 1.1 Проведение анализа структуры объектов исследования в базе данных WARMIS

В этой базе данных иерархическое построение структуры объектов исследования начинается с уровня государства, далее каждое государство делится на области. Каждая область может являться зоной планирования или включать в себя несколько зон планирования. Также каждая область включает в себя n количество районов (рис. 1).

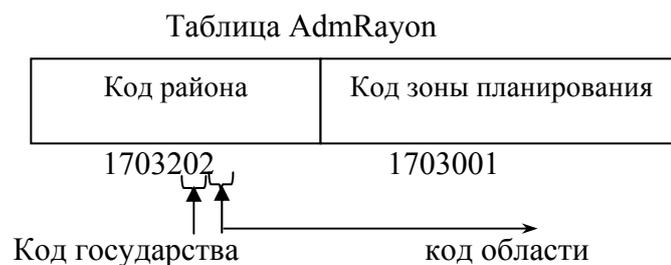


Рис. 1

Водохозяйственная сеть каждого государства описывается ирригационной сетью и коллекторно-дренажной сетью.

Ирригационная сеть базы данных WARMIS построена на уровне зоны планирования и уровне бассейнов рек Амударья и Сырдарья, она включает в себя следующие объекты:

- водозаборы
- водосбросы по каналам
- подземные воды, водохранилища
- реки
- передача воды из зоны в зону

Коллекторно-дренажная сеть – построена более подробно, т.е. она учитывает уровень районов (следовательно, также возможна оценка на уровне зон планирования) и включает в себя следующие объекты:

- дренажный сброс
- повторное использование воды
- закрытый горизонтальный дренаж
- открытый горизонтальный дренаж
- вертикальный дренаж
- межхозяйственные и внутриводхозяйственные коллектора

Мелиоративные характеристики в БД WARMIS описаны на уровне районов. Учитывая иерархическое построение структуры БД мелиоративную оценку можно сделать и по области, и по зоне планирования, и по государству в целом.

Структура БД WARMIS и ее информационное наполнение позволяют на уровнях зоны планирования и системы каналов выполнять работу по всему региону Центральной Азии. На рис. 2 представлена связь водохозяйственных объектов БД WARMIS с Зоной планирования.

## Связь водохозяйственных объектов БД WARMIS с Зоной планирования

1) ВОДОЗАБОР

Таблица – Intake

<b>Код Водозабора (Intake Code)</b>	<b>Код верхнего створа реки- (Up Stream River Node Code)</b>	<b>Код зоны орошения – (Irrigation Zone Code)</b>
-------------------------------------	--	---

2) ВОДОСБРОСЫ

Таблица - Escape

<b>Код водосброса (To Escape Code)</b>	<b>Код точки забора из канала (From Escape Code)</b>	<b>Код зоны планирования (Planning Zone Code)</b>	<b>Код нижнего створа реки (Down Stream River Node Code)</b>
--	--	---	--

7030010}

Код Зоны планирования

3) ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Таблица - Link Aquifer Plan Zone

<b>Код месторождения подземных вод (Aquifer Code)</b>	<b>Код зоны планирования (Planning Zone Code)</b>
---	---

4) ВОДОХРАНИЛИЩА

Таблица - Link Reservoir Plan Zone

<b>Код водохранилища (Reservoir Code)</b>	<b>Код зоны планирования (Planning Zone Code)</b>
---	---

5) РЕКИ

Таблица – River

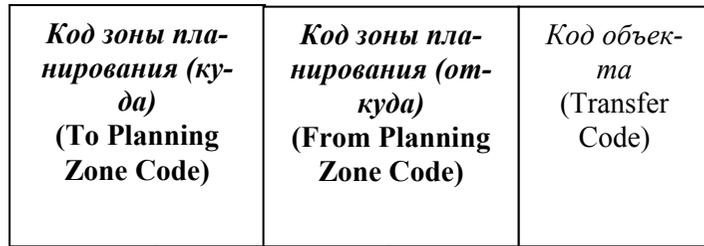
<b>Код створа реки (River Node Code)</b>	<b>Код зоны планирования (Planning Zone Code)</b>	<b>Код реки (River Code)</b>
--	---	------------------------------

6) ПЕРЕДАЧА ВОДЫ ИЗ ЗОНЫ В ЗОНУ

Таблица – Transfer

7) ДРЕНАЖНЫЙ СБРОС

Таблица – Outfall



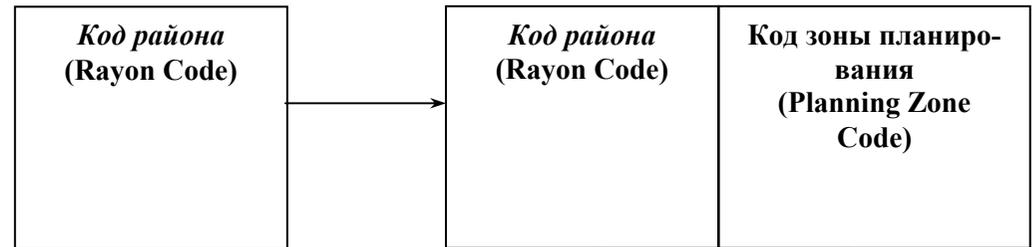
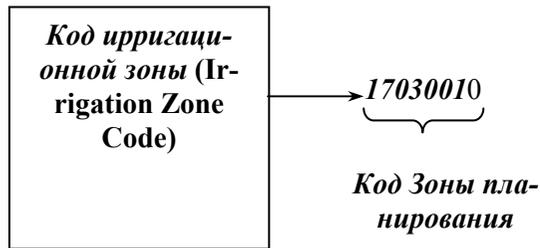
**8) ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕНАЖНЫХ ВОД**

**9) ЗАКРЫТЫЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ**

Таблица - Drainage Reuse Monthly

Таблица – DrainHClosed

Таблица - AdmRayon



**10) ОТКРЫТЫЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ**

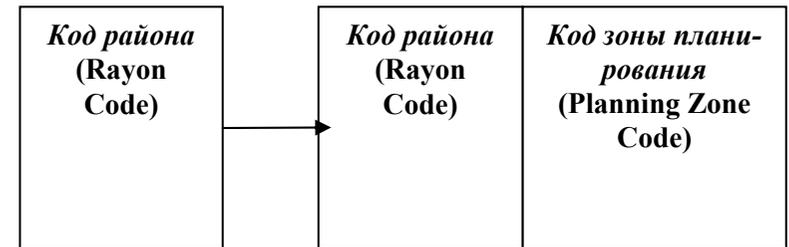
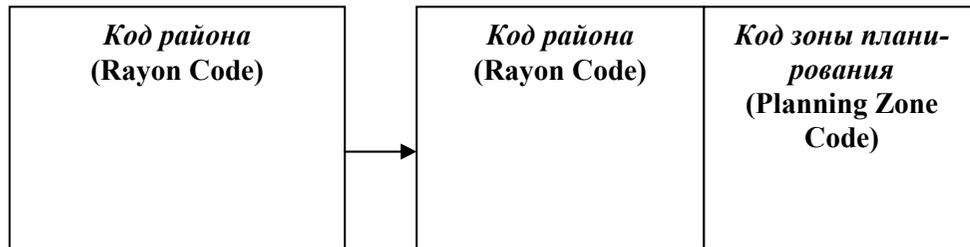
**11) ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ**

Таблица – DrainHOpen

Таблица – AdmRayon

Таблица – DrainV

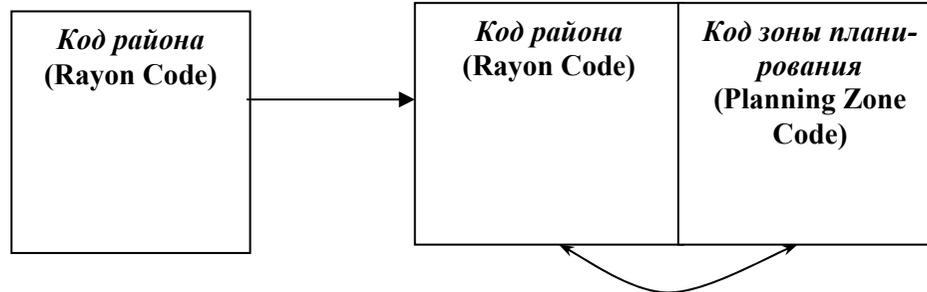
Таблица - AdmRayon



**12) МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫЕ И ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КОЛЛЕКТОРА**

Таблица – Collectors

Таблица – AdmRayon



## 1.2 Проведение анализа структуры объектов исследования в Базе данных WUFMAS

Проведение анализа структуры объектов исследования Базы данных WUFMAS показало, что исследования, для которых создавалась эта база данных, проводились на трех уровнях хозяйство, контрольное поле, площадка контрольного поля.

Каждый уровень несет в себе определенное информационное наполнение.

Верхний уровень – хозяйство. На этом уровне проводились исследования, по использованию земли, воды, по структуре севооборотов. Также здесь описывается работа дренажных систем, и наиболее важный пункт это – водопользование и водоснабжение.

Второй уровень – контрольное поле. Этот уровень более подробно отражает процессы, влияющие на сельхозпроизводство. Он несет в себе следующую информацию: семена и саженцы сельхоз культур; удобрения и агрохимикаты, использование оросительной воды, режим грунтовых вод, урожайность с/х культур.

Нижний уровень - учетные площадки. На этом уровне выбирались небольшие экспериментальные участки. Исследования на них проводились по урожайности с/х культур, степени уплотнения горизонтов почв, фенологии с/х культур.

Структурное построение базы данных WUFMAS позволяет рассматривать влияние водохозяйственных процессов на сельхоз производство на самом низком уровне. Но, к сожалению, кодировка полей и экспериментальных участков в этой базе порядковая, что может немного усложнить привязку полей и участков к зоне планирования. Но привязка возможна.

На рис. 3 показана связь объектов БД WUFMAS с зоной планирования.

### Связь объектов БД WUFMAS с зоной планирования

#### 1) Хозяйство

Таблица – Primary

(WARMIS)

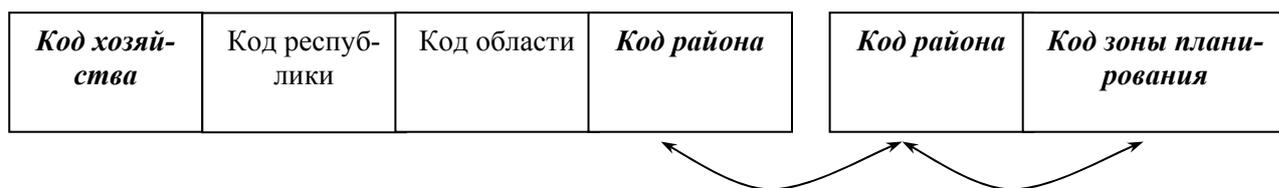


Рис. 3

Способ кодировки районов в БД WUFMAS совпадает со способом кодировки районов в БД WARMIS поэтому код хозяйства можно увязать с кодом Зоны планирования в БД WARMIS.

2) Контрольные поля и учетные площадки

Таблица – AdmRayon ( БД «WARMIS»)

<i>Код района</i>	<i>Код зоны планирования</i>
-------------------	------------------------------

БД «WUFMAS»

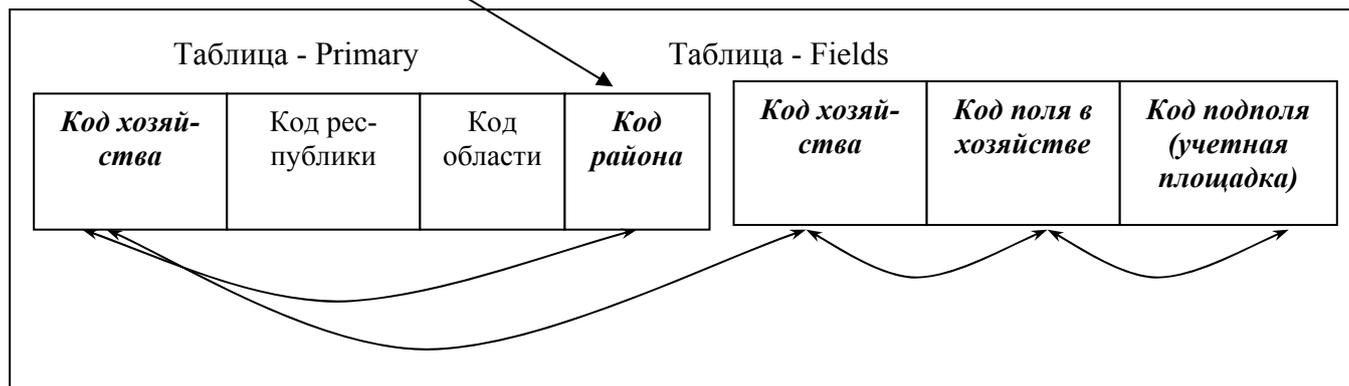


Рис. 4

### 1.3 Проведение анализа результатов работ по проекту Copernicus

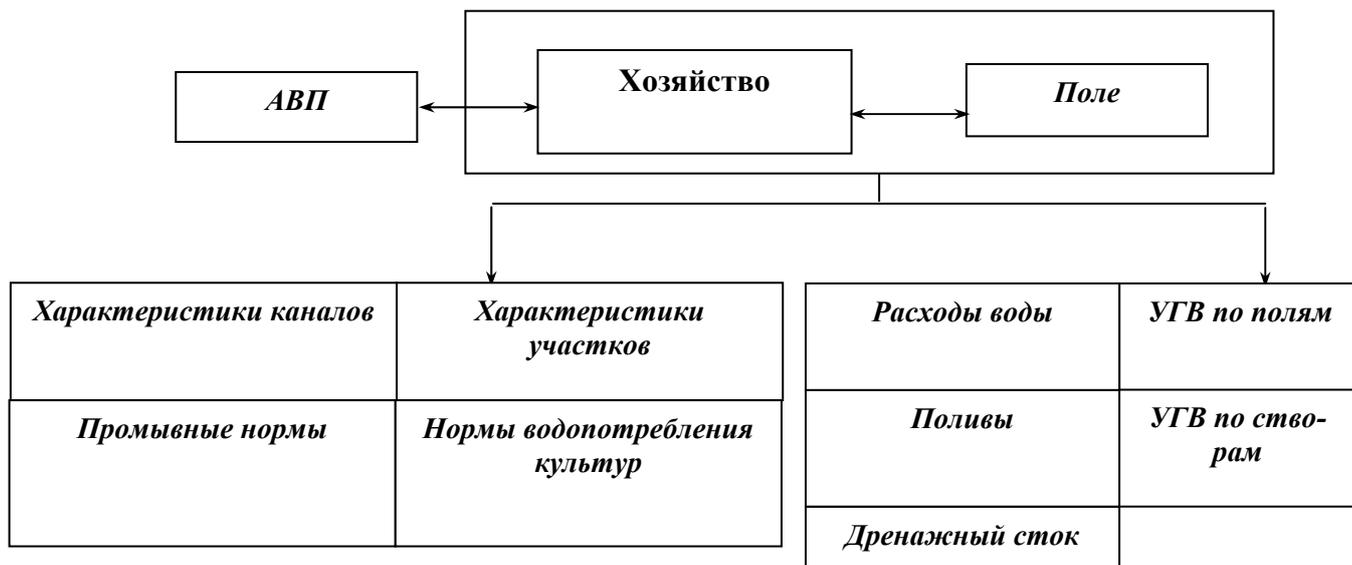
Проведение анализа построения структуры объектов исследования в базе данных Copernicus показало, что структура построения уровней исследования следующая включает в себя хозяйство и поле. Каждое хозяйство привязано к определенному АВП, а каждое поле к определенному хозяйству. Используя кодировку, можно определить к какой зоне планирования относится исследуемое хозяйство (кодировка объектов подобна кодировке объектов в БД WARMIS).

Водохозяйственная сеть описана на уровне каналов, которые привязаны к хозяйствам.

В этой БД представлены несколько моделей, которые можно использовать для имитационного и оптимизационного моделирования – баланс спроса и предложения оросительной системы, водно-солевой баланс и водопотребление с/х культур.

Эта БД рассматривает водохозяйственные процессы на том же уровне, что и БД WUFMAS, но в отличие от предыдущей, она может быть увязана с Зонами планирования без больших осложнений (на рис. 5 представлена связь объектов БД «Copernicus» с Зоной планирования). И если в БД WUFMAS больший упор делается на сельскохозяйственные характеристики, то БД COPERNICUS описывает объекты больше со стороны водохозяйственных процессов.

## БД COPERNICUS



## СВЯЗЬ ОБЪЕКТОВ БД COPERNICUS С ЗОНОЙ ПЛАНИРОВАНИЯ

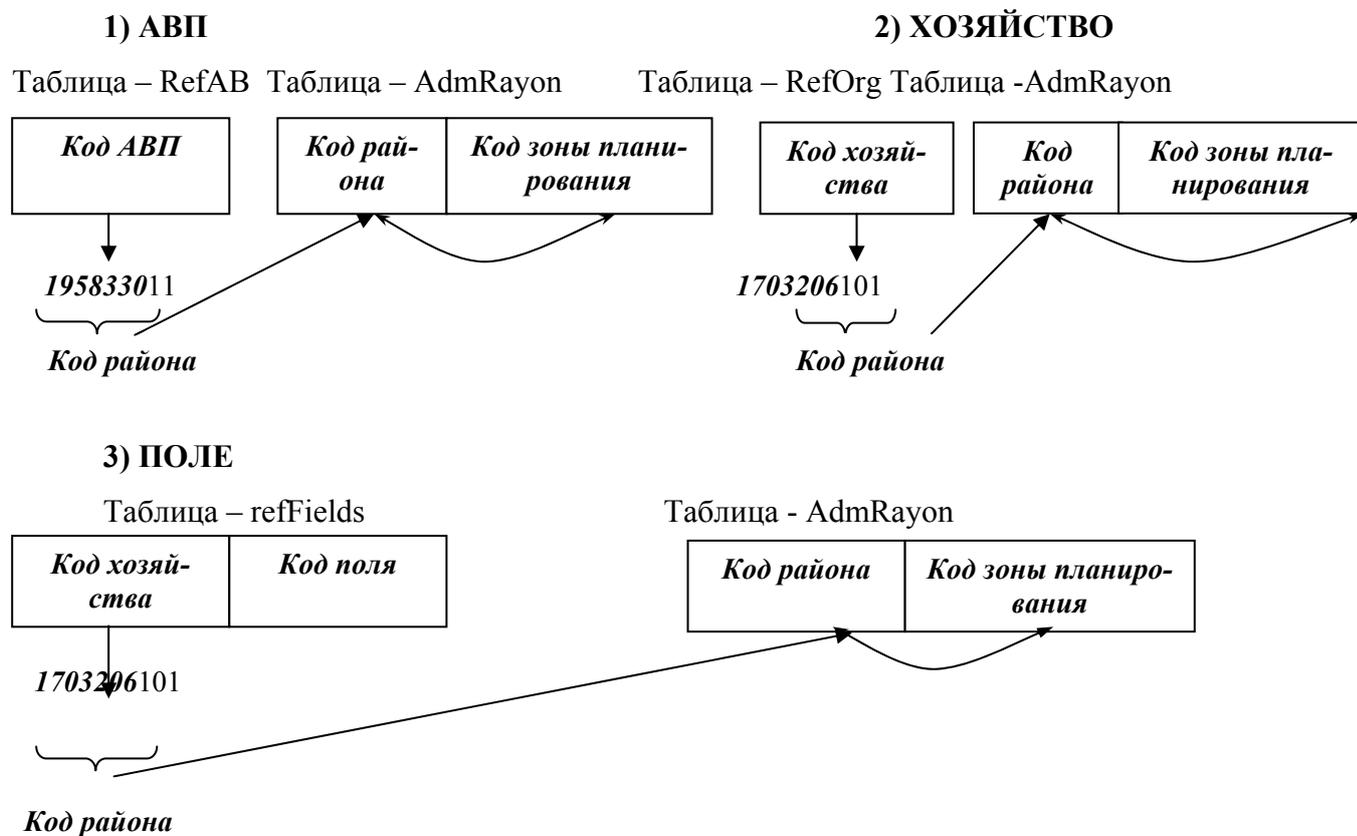


Рис. 5

#### 1.4 Проведение анализа результатов работ по проекту Best Practice

Для анализа результатов работ по проекту Best Practice была взята БД по водосбережению.

Проведенный анализ показал, что структура уровней объектов исследования очень удобна. Она состоит из пяти уровней. Каждый объект на каждом уровне можно связать с Зонай планирования. Что является немаловажным фактором при использовании этой БД в имитационном и оптимизационном моделировании.

Верхний уровень – АВП.

Второй уровень – водохозяйственные организации.

Третий уровень – коллективные хозяйства.

Четвертый уровень – фермерские хозяйства.

Пятый уровень – поля индикаторы.

Каждый уровень описывается определенными характеристиками – мелиоративными, сельхоз – производственными, гидрологическими. К каждому объекту на уровне АВП привязан водохозяйственный объект, из которого АВП получает воду, объект хозяйства, которое получает воду от АВП и объект коллекторно-дренажной сети, куда сбрасывается вода. Данные по водозабору, водоотдаче и оттоку даны как, факт, лимит и план. Также указывается минерализация воды используемой на орошение. В мелиоративных характеристиках объекта кроме распределения орошаемых земель по разным категориям дается также описание состояния коллекторно-дренажной сети.

Для создания нового компонента работа на уровне АВП будет проводиться выборочно, так как работа по Best Practice проводилась только по АВП Узбекистана, Киргизии и Таджикистана и каждое АВП включает в себя выборочные хозяйства.

## СВЯЗЬ ОБЪЕКТОВ БД «ВОДОСБЕРЕЖЕНИЕ» С ЗОНОЙ ПЛАНИРОВАНИЯ

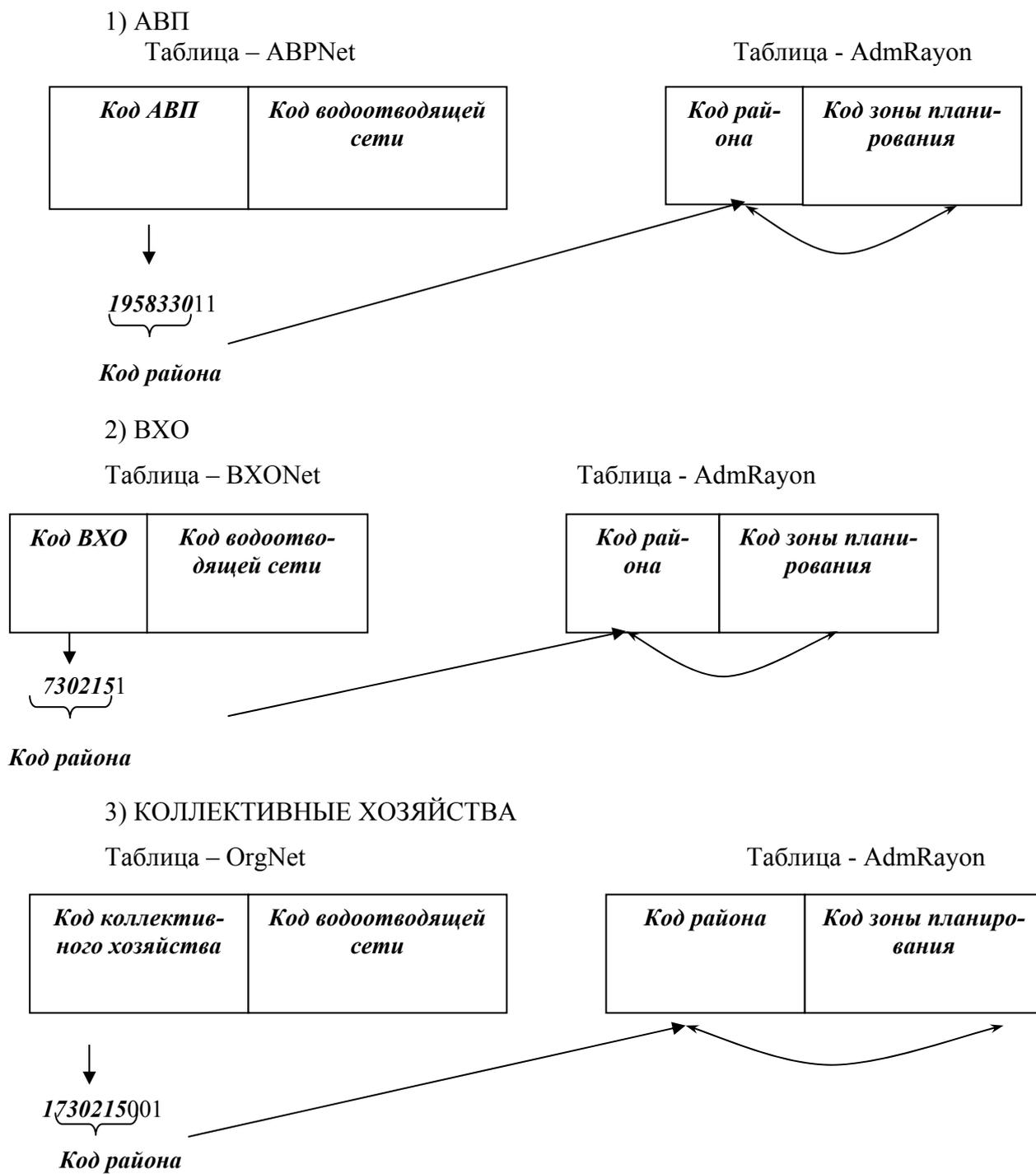
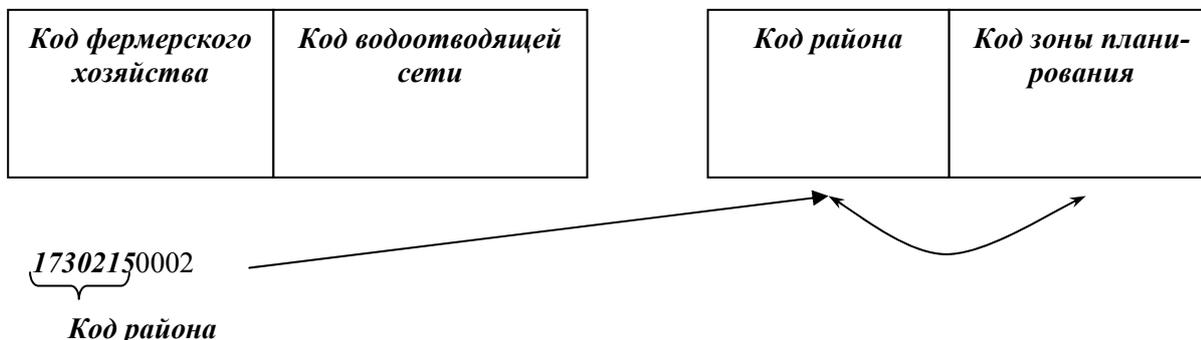


Рис. 6

## 4) ФЕРМЕРСКИЕ ХОЗЯЙСТВА

Таблица – FarmNet

Таблица - AdmRayon



## 5) ПОЛЯ ИНДИКАТОРЫ

Таблица – FieldAgriculturalFactorsCrops

Таблица - AdmRayon

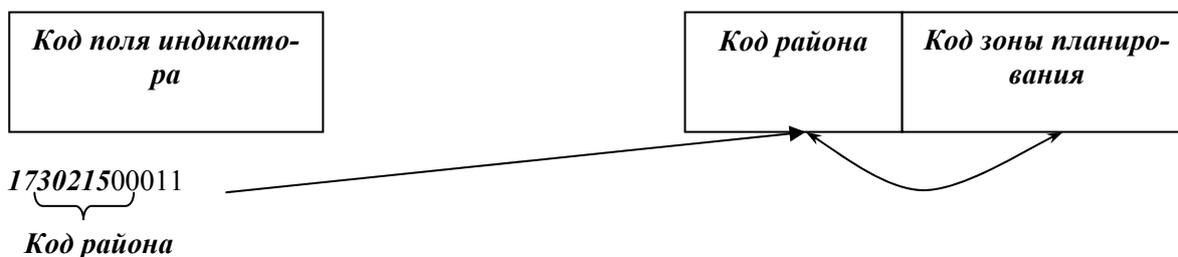


Рис. 6 (продолжение)

Анализ структуры построения БД WARMIS, WUFMAS, Copernicus и Best Practice показал, что увязка объектов этих баз данных с зоной планирования возможна. В БД WUFMAS процесс увязки полей и участков с зоной планирования будет более сложным. Наиболее подходящие БД для дальнейшей работы это WARMIS и Best Practice, так как уровни, на которых описываются объекты, распределены наиболее удобно для работы над созданием имитационной и оптимизационной модели, также информационное наполнение в этих базах наиболее полное.

Необходимо отметить, что при выборе объектов на уровне АВП будут учитываться условия, определяемые следующими характеристиками:

- орошаемая площадь;
- основные с/х культуры;
- урожайность основных с/х культур;
- характеристика м/х оросительной сети;
- КПД м/х оросительной сети;
- площадь обеспеченная дренажом;
- состояние Коллекторно – дренажной системы;
- способы полива в % от орошаемой площади;
- удельная водоподача, водообеспеченность;
- средняя годовая минерализации воды (КДС, оросительной, грунтовой воды);
- суммарное водоотведение по коллекторам с территории АВП;
- эксплуатационные затраты по АВП;

- мелиоративная характеристика земель АВП;
- климатические условия.

При выборе объектов на уровне хозяйств будет обязательно учитываться гидро-модульное районирование, т. е. будет учитываться почвенный состав, орошаемая площадь, распределение орошаемой площади по УГВ, минерализация грунтовых вод, степень засоления орошаемых земель и климатические условия. Также будет учитываться структура посевных площадей основных с/х культур, урожайность с/х культур, распределение площади хозяйства по типу использования (пастбища и сенокосы, приусадебные участки, сады и огороды и т.п.). Сами условия будут определены в дальнейшей работе.

2 Разработка информационной структуры основных исследуемых объектов ИИСС для компонента «имитационное и оптимизационное моделирование водохозяйственных процессов»

Для того чтобы создать наиболее оптимальную структуру регулирования водохозяйственными процессами в бассейне Аральского моря моделирование необходимо проводить, начиная с уровней бассейнов рек Амударья и Сырдарья спускаясь к уровням хозяйства и поля. Также необходимо учитывать все гидрологические и мелиоративные характеристики каждого объекта исследования.

Поэтому после проведения предварительного анализа объектов исследования в БД WARMIS, Copernicus, WUFMAS, Best Practice была принята следующая информационная структура построения (рис. 7).

1. Иерархическое построение структуры объектов исследования начинается с уровня бассейнов рек Амударья и Сырдарья.
2. Следующий уровень – крупная оросительная система или канал. Этот уровень описывается комплексом гидротехнических сооружений, которые осуществляют распределение водных ресурсов между различными хозяйствами.
3. АВП (Ассоциация водопользователей) - объекты этого уровня представлены в виде множества фермерских хозяйств. Организация объединения множества фермерских хозяйств в АВП производилась учитывая гидрологическую принадлежность к водохозяйственным системам. Этот уровень производит увязку информации между заявками от объектов «фермерское хозяйство» и ограничениями, которые были сформированы объектом «крупная оросительная система или канал».
4. Фермерское хозяйство – этот уровень определяется набором контуров орошения. Контур орошения должны быть расположены на территории однородными гидрологическими, экономическими и почвенными характеристиками.
5. Контур орошения. Объекты этого уровня определены набором полей (или одно поле). Контур орошения формирует требования на объемы водных ресурсов, обусловленных: площадью посева и динамикой выращивания определенных сельскохозяйственных культур, техникой орошения, климатическими условиями и степенью засоленности почвы.
6. Участок канала - информационный объект, с помощью которого формируется водохозяйственная инфраструктура оросительной и коллекторно-дренажной сети. Участок канала имеет следующие характеристики: длина, отметка, пропускная способность, коэффициент полезного действия (КПД) и стоимость технического обслуживания.

Каждый информационный объект функционально состоит из четырех информационных блоков: - центрального блока, отражающего основные параметры соответствующего вида деятельности, двух блоков обеспечивающих стыковку центрального блока с соответствующими блоками смежных уровней иерархии, аналитического блока, обеспечивающего взаимодействие с разделом «Моделирование», и информационными базами GIS и WARMIS. Функциональная схема показана на рис. 8.

Следующий этап работы это выбор способа кодирования объектов – Здесь наиболее удобным способом является способ, при котором информационный объект соответствует либо уровням: «Крупная оросительная система или канал», «АВП», «Хозяйство»; либо объект соответствует сельскохозяйственной инфраструктуре: «Контур орошения», «Участок канала». Здесь используется теория сетей, где каждая структурная связь  $p$ , формируется с помощью пары информационных точек  $(j,k)_p$  где  $k$  - ключ самого объекта, а  $j$  – ключ вышестоящего по уровню иерархии объекта. Подобный подход позволяет корректно отображать иерархическую структуру информационных объектов и алгоритмическим путем выполнять  $p$  - навигацию между ними. В частности, если  $p$  – соответствует водным ресурсам, то строится сеть распределения водных ресурсов между информационными объектами.

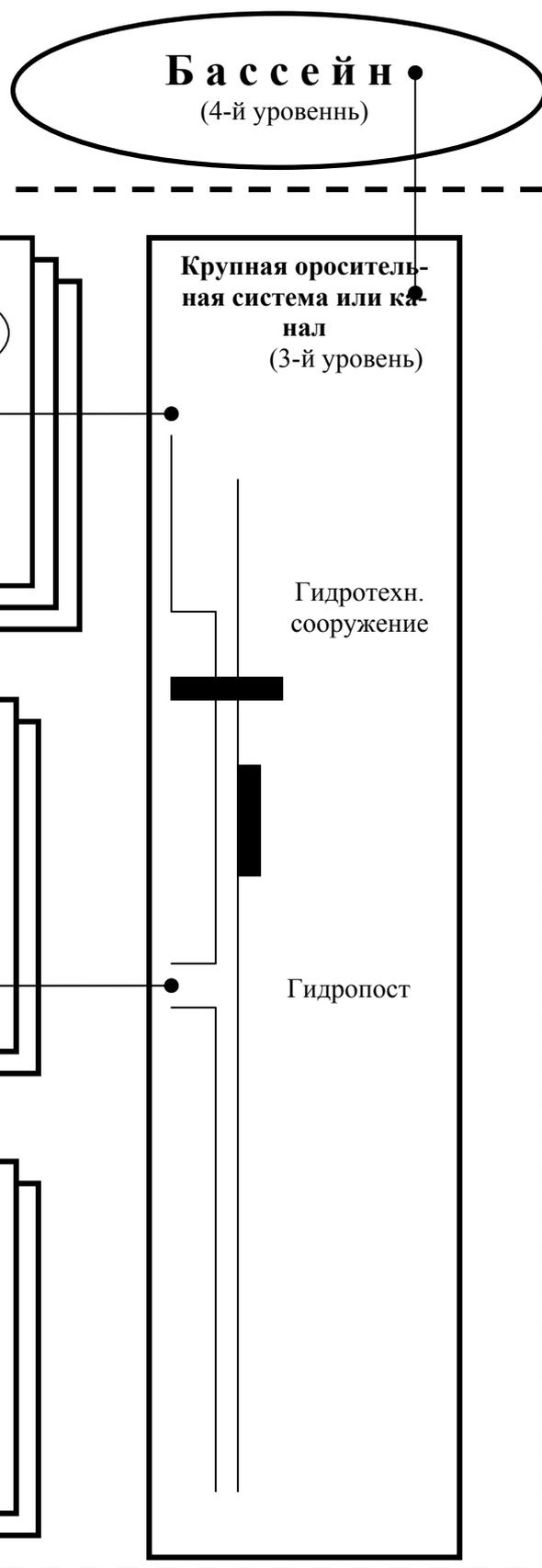


Рис. 7. Информационная структура основных исследуемых объектов ИСС для компонента «имитационное и оптимизационное моделирование водохозяйственных процессов»

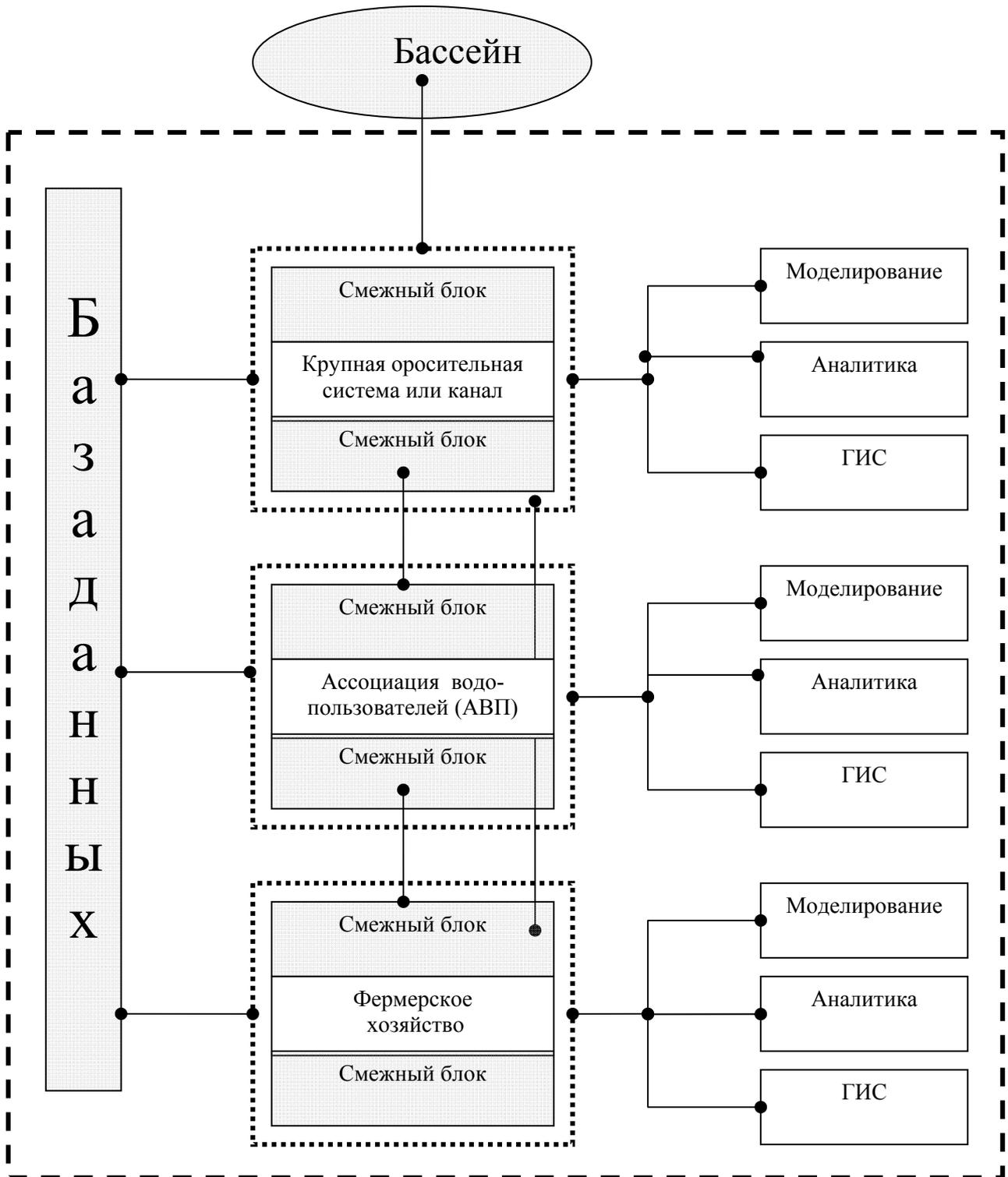


Рис. 8. Функциональная схема, отражающая основные компоненты

## 3. Разработка и создание определенных таблиц единой базы данных

В единой базе данных для ИСС были созданы и разработаны таблицы, необходимые для трансформации основных исследуемых объектов из БД «WARMIS» и «WUFMAS» (в качестве основы были использованы таблицы БД проекта «IWMI»). Созданная структура таблиц приводится ниже.

Таблица 1

## Структура RefObjects

NN	Наличие ключа	Имя поля	Формат поля	Примечание
1	Ключевое	ObjectCode	Числовой	Код объекта
2		ShortNameRus	Текстовый	Краткое наименование объекта на русском
3		ShortNameEng	Текстовый	Краткое наименование объекта на английском
4		ShortNameEng	Числовой	Тип объекта
5		ObjectStatus	Числовой	Статус объекта
6		Xcoordinate	Числовой	X координата объекта
7		Ycoordinate	Числовой	Y координата объекта

Таблица 2

## Структура RefObjectsTypes

NN	Наличие ключа	Имя поля	Формат поля	Примечание
1	Ключевое	ObjectType	Числовой	Код типа объекта
2		TypeNameRus	Текстовый	Наименование типа объекта на русском
3		TypeNameEng	Текстовый	Наименование типа объекта на английском

Таблица 3

## Структура RefObjectsLinks

NN	Наличие ключа	Имя поля	Формат поля	Примечание
1	Ключевое	ObjectLink	Числовой	Код связи объекта
5		TypeNameRus	Текстовый	Наименование связи объекта на русском
6		TypeNameEng	Текстовый	Наименование связи объекта на английском

Таблица 4

## Структура RefObjectsStructures

NN	Наличие ключа	Имя поля	Формат поля	Примечание
1	Ключевое	ObjectMain	Числовой	Код главного объекта
2	Ключевое	ObjectSub	Числовой	Код подчиненного объекта (каналы, водовыделы, АВП, Хозяйства и т.п.)
3	Ключевое	LinkCode	Числовой	Код связи

Таблица 5

## Структура RefObjects\_LinkCode\_Warmis\_Wufmas

NN	Наличие ключа	Имя поля	Формат поля	Примечание
1	Ключевое	ObjectCode	Числовой	Код объекта
2	Ключевое	FirstCode	Текстовый	Первоначальный код объекта в Warmis и Wufmas
3		ShortNameRus	Текстовый	Краткое наименование объекта на русском
4		ObjectType	Числовой	Тип объекта
5		ObjectStatus	Числовой	Статус объекта

Таблица 6

## Структура Fields\_Link\_Wufmas

NN	Наличие ключа	Имя поля	Формат поля	Примечание
1	Ключевое	FarmNoFirst	Текстовый	Код хозяйства в Wufmas
2		FieldNoFirst	Текстовый	Номер поля в Wufmas
3		FieldNameIISS	Текстовый	Наименование поля в ИИСС
4		FarmName	Текстовый	Наименование хозяйства

4. Трансформация объектов из баз данных WARMIS, WUFMAS в единую базу данных

- Импортирование таблиц из БД «WARMIS» в ИСС. Список импортированных таблиц приведен ниже.

1. AdmRayon
2. PlanningZone
3. Republic

- Частичное наполнение разработанных таблиц информацией, для этого исполнителем работы было проведено импортирование данных из следующих разработанных ранее источников информации:

1. БД «WARMIS»
2. БД «WUFMAS»

Для информационного наполнения ИСС включало в себя следующие действия:

- Анализ ключевых полей основных исследуемых объектов (существующих баз данных)

- Определение состава и диапазона кода (количества необходимых символов).

- Создание перечня трансформируемых объектов БД «WAMRIS» в ИИСС табл. RefObjects.

- Заполнение таблиц RefObjectsType (табл.7) , RefObjectsLinks (табл.8), RefObjects\_LinkCode\_Warmis\_Wufmas (табл.9), Fields\_Link\_Wufmas (табл.10) для установления однозначного соответствия между названиями, характеристиками и описаниями объектов БД «WARMIS» и «WUFMAS» и ИСС.

## RefObjectsType

Код типа объекта	Наименование типа объекта на русском	Наименование типа объекта на английском
1	Государство	State
2	Область	Oblast
3	Зона планирования	Planning zone
4	Район (административный)	Rayon (administrative)
5	АВП (Ассоциация водопользователей)	Water users association
6	ФХ (Фермерское хозяйство)	Farm
7	КХ (Коллективное хозяйство)	Collective farm
8	ШХ (Ширкатное хозяйство)	Shirkatny farm
9	Поле орошения	Field of irrigation
10	Контур орошения	Irrigation Contour
11	Море	Sea
12	Река основная	Main river
13	Река пересыхающая	Blind river (Ephemeral stream)
14	Река боковая	Tributary river
15	Саи внутренние	Local spring
16	Озеро	Lake
17	в/х русловое	Dam reservoir
18	в/х наливное	Artificial reservoir
19	Канал	Canal
20	Канал (магистральный )	Canal main
21	Подземный водоносный горизонт	Subsoil water bearing horizon (Aquifer)
22	Шахта, рудник, нефте-промысел, карьер	Mine, pit, oil wells, quarry
23	Скважина для хозяйственного питья	Well for domestic needs
24	Скважина для промышленных нужд	Well for industry needs
25	Скважина на орошение земель	Well for irrigation land needs
26	Скважина вертикального дренажа	Well for vertical drainage
27	Скважина на орошение пастбищ	Well for irrigation pasture needs
28	Скважина для бальнеологии	Well for balneology
29	Скважина для откачки из шахт	Well for pit exhaustion
30	Коллектор	Collector
31	КДС без связи с реками, озерам	Isolated drainage systems
32	КДС связанные с реками, озерам	Drainage systems connected with rivers, lakes
33	Земледел. поля орошения.	Irrigated farming fields
34	Рельеф местности	Depression
35	Поля фильтрации	Filtration fields
36	Сети водопровода	Water supply network
37	Сети канализации	Sewage networks
38	Канал (1-го порядка)	Canal (First-level)
39	Канал (2-го порядка)	Canal (Second-level)
40	Канал (3-го порядка)	Canal (Third-level)
41	Канал (4-го порядка)	Canal (Forth-level)
42	Гидропост	Hydropost
43	Водовыдел	Water tap

Код типа объекта	Наименование типа объекта на русском	Наименование типа объекта на английском
44	Перегораживающее сооружение	Partitionning building
45	Сброс из канала	Otfall from canal
46	Сброс из реки	Outfall from river
47	Климатическая станция	Climatic station
48	База данных	Database
49	БВО	BWO
50	Гидромет	GidroMet
51	Национальный контроль	National control
52	Пески	Sand
53	Насосная станция	Pamp station
54	Участок канала	Canal stretch
55	К/Х(Крестьянское хозяйство)	Peasant holding
56	Поле	

Таблица 8

## RefObjectsLinks

Код связи объекта	Наименование связи объекта на русском	Наименование связи объекта на английском
1	Административная	Administrative
2	Структурная	Structured
3	Ирригационная сеть	Irrigation Network
4	Внутрихозяйственная оросительная сеть	IntraFarm Irrigation Network
5	Объекты-Гидропосты	Object-HydroPost
6	Объекты-Водовыделы	Object-Overflow
7	Функциональная	Functional
8	Структура канала	Canal structure
9	Канал-Водовыделы	Canal-Overflow
10	Канал-Гидропосты	Canal-Hydropost
11	Канал-ГТС	Canal-Water work
12	Канал-Насосная станция	Canal-Pumping plant
13	Канал-Участок канала	Canal-Stretch canal
14	ФХ-Контур орошения	Farm-Irrigated contour
15	Контур орошения-Поле орошения	Irrigated contour-Irrigated field
16	Хозяйство-Фермерское хозяйство	Farm-Farm
17	Контур орошения-Водослив	Irrigated contour-Spill way
18	Проект-Компонент	Project-Component
19	Компонент-Объект	Component-Object
20	Объект-Водослив-Объект	Object-Spilway-Object
21	Объект-ГТС-Объект	Object-HTC-Object
22	Объект-НС-Объект	Object-PumpObject
23	Река-Канал(Канал-Река)	River-Canal(Canal-River)

Таблица 9

## RefObjects\_LinkCode\_Warmis\_Wufmas (фрагмент)

Код объекта	Первоначальный код	Краткое наименование	Тип объекта	Статус объекта
600000001	1010236000000000000	Кызкеткен	Река основная	Реальный
600000002	1010238000000000000	Суенли	Река основная	Реальный
600000003	1010246000000000000	Совет-Яб	Река основная	Реальный
600000004	1010276000000000000	Джумабай-Сака	Река основная	Реальный
600000005	1010295000000000000	Назархан	Река основная	Реальный
600000006	1010302000000000000	Кипчак-Бозсу (Узб)	Река основная	Реальный
600000007	1010358000000000000	Клычниязбай (Узб)	Река основная	Реальный
600000008	1010434000000000000	Пахта-Арна	Река основная	Реальный
600000009	1010442000000000000	Ташсака	Река основная	Реальный
600000010	1010456000000000000	Ташауз. ветка (Шахс-нем)	Река основная	Реальный
600000011	1010617000000000000	Кранч-Хан-Яб	Река основная	Реальный
600000012	1010700000000000000	Сум.Дарганатинские	Река основная	Реальный
600000013	1010800000000000000	Сум. Дянев-Бойнаузы	Река основная	Реальный
600000014	1010826000000000000	Берзен	Река основная	Реальный
600000015	1010827000000000000	Аму-Бухарский МК	Река основная	Реальный
600000016	1010838000000000000	Ших-Битык	Река основная	Реальный
600000017	1010874000000000000	Куль-Арык	Река основная	Реальный
600000018	1010900000000000000	Сум.Фарап	Река основная	Реальный
600000019	1010905000000000000	Сум.Сакар-Саят	Река основная	Реальный
600000020	1010906000000000000	Саят-Наухана	Река основная	Реальный
600000021	1010942000000000000	Гарабекевюльский	Река основная	Реальный
600000022	1010945000000000000	Сум.Гарабекульские	Река основная	Реальный
600000023	1010958000000000000	Эскулар	Река основная	Реальный
600000024	1010972000000000000	Мекан	Река основная	Реальный
600000025	1011021000000000000	Эсен-Менгли	Река основная	Реальный
600000026	1011041000000000000	Ходжамбас	Река основная	Реальный
600000027	1011062007700000000	Каршинский МК(Тур)	Канал	Реальный
600000028	1011080000000000000	Канал Акум-Улам и сум.	Река основная	Реальный

Таблица 10

## Fields\_Link\_Wufmas (фрагмент)

Код хозяйства	Код поля в хозяйстве	Наименование поля в ИИСС	Наименование хозяйства
1	1	1a	Ак жарма
1	2	2a	Ак жарма
1	3	3a	Ак жарма
1	4	4a	Ак жарма
1	5	5a	Ак жарма
1	6	6a	Ак жарма
1	7	7a	Ак жарма
1	8	8a	Ак жарма
1	9	9a	Ак жарма
1	10	10a	Ак жарма
1	11	11a	Ак жарма
1	12	12a	Ак жарма
2	1	1b	Аккумский
2	2	2b	Аккумский
2	3	3b	Аккумский
2	4	4b	Аккумский
2	5	5b	Аккумский
2	6	6b	Аккумский
2	7	7b	Аккумский
2	8	8b	Аккумский
2	9	9b	Аккумский
2	10	10b	Аккумский
2	11	11b	Аккумский
3	1	1c	Жамбул1
3	2	2c	Жамбул1
3	3	3c	Жамбул1
3	4	4c	Жамбул1
3	5	5c	Жамбул1
3	6	6c	Жамбул1
3	7	7c	Жамбул1
3	8	8c	Жамбул1
3	9	9c	Жамбул1

## 5. Соотношение главных и подчиненных объектов в таблице RefObjectsStructures

Таблица 11

## RefObjectsStructures (фрагмент)

Код главного объекта	Код подчиненного объекта	Код связи
Аральское море	Пески	Ирригационная сеть
Аральское море	Амударья	Ирригационная сеть
Аральское море	Сырдарья	Ирригационная сеть
Узбекистан	Андижанская	Административная
Узбекистан	Бухарская	Административная
Узбекистан	Джизакская	Административная
Узбекистан	Кашкадарьинская	Административная
Узбекистан	Навоийская	Административная
Узбекистан	Наманганская	Административная
Узбекистан	Самаркандская	Административная
Узбекистан	Сурхандарьинская	Административная
Узбекистан	Сырдарьинская	Административная
Узбекистан	Ташкентская	Административная
Узбекистан	Ферганская	Административная
Узбекистан	Хорезмская	Административная
Узбекистан	Каракалпакстан	Административная
Казахстан	Джалалабадская	Административная
Казахстан	Кзыл-Ординская	Административная
Казахстан	Южно-Казахстанская	Административная
Кыргызстан	Чу	Административная
Кыргызстан	Талас	Административная
Кыргызстан	Джалалабадская	Административная
Кыргызстан	Нарынская	Административная
Кыргызстан	Ошская	Административная
Таджикистан	Хатлонская	Административная
Таджикистан	Согдийская	Административная
Таджикистан	Районы республик. подчинения	Административная
Таджикистан	Горно-Бадахшанская АО	Административная
Туркменистан	Балкан	Административная
Туркменистан	Дашховузский	Административная
Туркменистан	Марыйский	Административная
Туркменистан	Лебапский	Административная

### 5.1.3. СОЗДАНИЕ ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «АРАЛ-ДЕЛЬТА», ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ЛОГИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ИНФОРМАЦИИ (ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ)

Д.А. Сорокин, А.С. Дегтярева

Цель работы: создание в среде MS Access базы данных «Арал-дельта» на основании анализа существующей информации и результатов работ проектов, разработка структуры базы данных, начальный этап разработки пользовательского интерфейса (формы ввода) в увязке с ИИСС.

Был проведен анализ необходимой информации для разработки структуры базы данных «Арал-дельта», проведен анализ имеющейся информации.

При проведении анализа необходимой информации для создания базы данных «Арал-дельта» были выделены три основных логических раздела:

- Социально-экономические показатели;
- Гидрологические характеристики;
- Климатические характеристики;

При создании базы данных «Арал-дельта» использованы подходы WARMIS. Работа будет способствовать дальнейшему развитию проектов NATO SFP-974357 "Национальное и региональное планирование управления водно-солевыми ресурсами", NATO SFP-974101 «Устойчивое развитие в сфере охраны окружающей среды, земле- и водопользования», INTAS-01-0511 «Восстановление экосистем и биопродуктивности в акватории Аральского моря при ограниченных водных ресурсах».

#### СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В данном блоке рассматривается следующая информация:

- Численность населения;
- Продолжительность жизни населения;
- Рождаемость;
- Смертность;
- Уровень младенческой смертности;
- Заболеваемость;
- Естественный прирост населения;
- Миграция;
- Численность трудоспособного населения;
- Занятость населения;
- Уровень безработицы;
- Структура занятого населения;
- Среднемесячный доход населения;
- Образование;
- Показатели сельского хозяйства;
- Показатели промышленного производства.

Информация представлена по четырем районам Республики Каракалпакстан:

- Базатаузский район;
- Кунградский район;
- Муйнакский район;
- Тахтакупырский район;

Пример представления информации блока «Социально-экономические показатели» базы данных «Арал-дельта» представлен в табл. 1.

Таблица 1

### Демографические показатели

Год	Числ. насел-я на начало года, тыс.чел.	Рождаемость, тыс.чел.	Смертность, тыс.чел.	Естественный прирост, тыс.чел.	Миграция, тыс.чел.	Прирост населения, тыс.чел.
Республика Каракалпакстан						
1998	1462,3	33,51	9,06	24,45	-4,75	19,7
1999	1482,0	35,40	8,45	26,95	-2,75	24,2
2000	1506,2	24,85	8,44	16,41	-3,51	12,9
2001	1519,1	44,57	8,81	35,76	-11,56	24,2
Муйнакский район						
1998	28,2	0,71	0,21	0,50	-0,10	0,4
1999	28,6	0,62	0,19	0,43	-0,23	0,2
2000	28,8	0,68	0,20	0,48	-0,28	0,2
2001	29,0	0,52	0,22	0,30	-0,20	0,1
Кунградский район						
1998	48,0	1,02	0,26	0,76	-0,16	0,6
1999	48,6	1,17	0,25	0,92	-0,12	0,8
2000	49,4	0,93	0,28	0,65	-0,15	0,5
2001	49,9	1,08	0,31	0,77	-0,37	0,4
Бозатаузский район						
1998	19,4	0,37	0,12	0,25	-0,25	0,0
1999	19,4	0,46	0,10	0,36	-0,16	0,2
2000	19,6	0,40	0,09	0,31	-0,21	0,1
2001	19,7	0,46	0,12	0,34	-0,24	0,1
Тахтакупырский район						
1998	43,4	0,85	0,29	0,56	-0,26	0,3
1999	43,7	0,83	0,29	0,54	-0,14	0,4
2000	44,1	0,71	0,26	0,45	-1,15	-0,7
2001	43,4	1,45	0,25	1,20	-1,30	-0,1

Источником информации раздела «Социально-экономические показатели» базы данных «Арал-дельта» являются данные Госдепартамента статистики Республики Узбекистан, а также результаты работы проекта INTAS – RFBR 1733 «Оценка социально-экономических последствий экологического бедствия – усыхания Аральского моря». Для пополнения недостающей информации планируется использовать данные Госдепартамента статистики Республики Узбекистан.

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В данном блоке объектом исследования является Аральское море, дельта Амударьи. Для данного блока были выбраны следующие параметры:

- Среднегодовое значение параметров Аральского моря
- Приток речного стока в Аральское море (среднегодовое)
- Уровень;
- Объем водной массы;
- Площадь водной поверхности;
- Координаты (X,Y,Z) поверхности дна Аральского моря
- Расходы воды по притокам
- Минерализация расходов воды по притокам

Результаты работ по данному блоку будут использоваться в проекте INTAS-01-0511 «Восстановление экосистем и биопродуктивности в акватории Аральского моря при ограниченных водных ресурсах». Исходные данные взяты по результатам Intas-Aral.

**Таблица 2**

### Средние годовые значения параметров Аральского моря после его разделения

Годы	Приток речного стока, км <sup>3</sup>		Суммарный приток	Осадки, Р, км <sup>3</sup>		Испарение, Е, км <sup>3</sup>		Уровень, Н, м		Объем водной массы, W, км <sup>3</sup> *	Площадь водной поверхности F, км <sup>2</sup> *
	Амударья	Сырдарья		Большое море	Малое море	Большое море	Малое море	Большое море	Малое море		
1986	0.4	0.2	0.6	7.41	0.66	41.71	2.7	41.02	40.9	442.8	42228
1987	10	1	11	8.26	0.78	34.61	2.98	40.19	40.8	414.1	40297
1988	16.8	5	21.8	5.38	0.59	36.19	2.96	39.67	40.7	396	39087
1989	0	3.1	3.1	5.51	0.41	36.19	2.9	39.1	40.6	376.3	37760
1990	9	2.41	11.41	6.59	0.61	35.23	3.13	38.24	40.5	335	35200
1991	12.5	2.58	15.08	6.67	0.64	35.01	2.76	37.66	40.4	278	31608
1992	28.9	3.34	32.24	7.26	0.7	28.85	2.79	37.2	40.2	263	30812
1993	18.8	7.5	26.3	5.31	0.63	28.85	2.7	36.95	40.3	259	30114
1994	21.7	8.46	30.16	5.9	0.59	27.62	2.81	36.9	40.1	247	29807
1995	5.1	4.53	9.63	5.54	0.45	28.53	2.62	36.5	40.5	230	28200
1996	7.5	4.89	12.39	5.32	0.53	25.75	2.53	35.48	40.5	210	26706
1997	2.2	3.82	6.02	4.57	0.44	25.54	2.51	34.8	41.2	180	24217
1998	0.71	7.41	8.12	6.02	0.62	25.01	2.48	34.21	42.5	195	25500
1999	22.5	6.03	28.53	4.78	0.6	22.3	2.2	33.98	36.8	169	22450
2000	3.47	1.7	5.17	2.1	0.41	23.8	2.61	33.5	39.8	131	19071

В настоящее время вышеуказанная информация до 2002 года собирается в фондах Главгидромета Республики Узбекистан.

## КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основными параметрами были выделены:

- Температура воздуха средняя
- Температура воздуха максимальная
- Температура воздуха минимальная
- Температура почвы средняя
- Температура почвы максимальная
- Температура почвы минимальная
- Относительная влажность(средняя)
- Относительная влажность(минимальная)
- Осадки.
- Испарение
- Атмосферное давление на уровне станции
- Атмосферное давление на уровне моря
- Скорость ветра
- Направление ветра

В данном блоке климатические характеристики представлены по климатическим станциям:

- Муйнак;
- Чимбай;
- Тахиаташ;
- Кунград;
- Казалинск;
- Аральское море.

В данном блоке будут расширены данные WARMIS. В настоящее время наиболее полная информация представлена по климатической станции «Муйнак» (помесячные данные).

Данные собраны за период 1996-2001 гг.

В таблице 3 как пример приведена информация за 1999-2001 год.

Недостающие данные будут собираться в фондах Главгидромета Республики Узбекистан.

Таблица 3

Год	Ме- сяц	Т ср.	Т мах	Т мин	Тер. поч- вы	Тмакс . поч- вы	Тми н. поч- вы	Тер. Отн. влаж- ность	Тмин. Отн. влаж- ность	Атмосферное давление (уровень станции)	Атмосфер- ное давле- ние (уро- вень моря)	Ско- рость ветра	Осад- ки
1999	01	-3,50	1,20	-7,20	-4	3	-9	83,00	63,00	1017,00	1024,30	4,00	0,70
1999	02	1,90	8,50	-2,90	3	14	-4	77,00	51,00	1011,10	1018,10	4,10	7,10
1999	03	1,80	7,80	-3,30	4	17	-4	60,00	36,00	1016,40	1023,70	4,50	0,00
1999	04	13,20	20,40	7,00	16	34	6	60,00	32,00	1012,00	1018,70	4,50	8,00
1999	05	19,00	25,30	13,60	22	38	12	59,00	34,00	1008,10	1014,70	5,00	39,30
1999	06	25,10	31,60	18,80	30	50	17	51,00	29,00	1002,80	1009,20	3,90	10,20
1999	07	27,60	34,30	21,60	33	51	20	61,00	35,00	100,40	1006,80	3,80	11,50
1999	08	28,80	35,80	22,20	33	52	21	50,00	27,00	1002,60	1008,90	4,20	15,90
1999	09	19,00	25,70	13,30	22	38	12	62,00	34,00	1009,20	1015,80	3,80	0,00
1999	10	13,30	19,70	7,90	15	28	6	64,00	38,00	1013,00	1019,80	4,00	4,50
1999	11	1,00	4,90	-1,90	1	8	-3	75,00	59,00	1015,60	1022,80	4,60	28,10
1999	12	-0,50	3,00	-2,90	-1	4	-4	85,00	71,00	1019,40	1026,60	4,00	0,30
2000	01	-4,30	-0,30	-7,30	-5	0	-9	84,00	43,00	1015,60	...	4,50	16,30
2000	02	0,40	5,70	-3,20	1	9	-4	71,00	22,00	1016,50	...	3,00	0,70
2000	03	5,20	11,60	-0,10	7	20	-1	59,00	16,00	1013,80	...	4,90	7,30
2000	04	18,90	26,20	12,50	22	39	12	57,00	19,00	1006,90	...	4,20	2,90
2000	05	19,50	26,50	13,10	25	43	12	57,00	20,00	1006,30	...	4,80	6,20
2000	06	25,70	32,90	18,80	31	50	17	55,00	18,00	1003,30	...	4,00	7,90
2000	07	28,40	34,40	21,50	34	52	20	52,00	16,00	1003,60	...	4,10	3,00
2000	08	28,60	35,90	20,80	34	52	20	50,00	14,00	1003,90	...	3,50	1,40
2000	09	19,30	26,50	12,60	23	40	12	60,00	15,00	1008,40	...	3,70	0,60
2000	10	7,30	13,00	2,10	8	21	1	68,00	16,00	1018,30	...	3,30	12,30
2000	11	0,00	5,10	-4,30	0	8	-5	76,00	18,00	1021,80	...	3,60	3,10
2000	12	-1,10	1,70	-3,30	-2	0	-4	94,00	51,00	1017,10	...	3,20	11,50
2001	01	-5,20	-0,60	-9,10	-6	0	-10	83,00	65,00	1021,40	1028,80	3,30	5,20
2001	02	-3,20	3,20	-7,70	-3	5	-9	78,00	54,00	1014,00	1021,20	3,90	11,10
2001	03	7,80	15,20	1,70	9	22	0	60,00	30,00	1010,80	1017,70	4,20	8,90
2001	04	14,40	21,10	8,60	16	31	7	53,00	27,00	1010,20	1016,90	4,70	24,60

Была разработана структура базы данных «Арал-дельта», разработаны основные принципы пользовательского интерфейса в увязке с ИСС.

Структура базы данных «Арал-дельта» представлена на рис. 1.

Пример структуры БД «Арал»

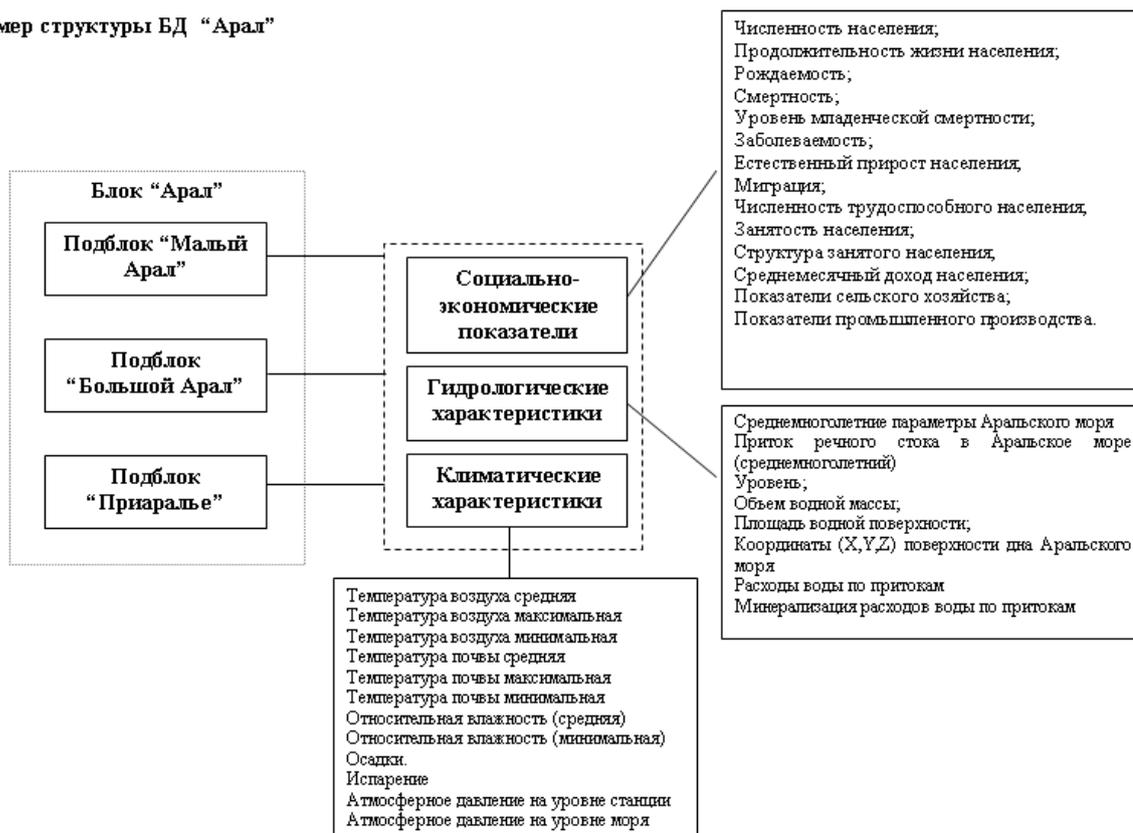


Рис. 1. Структура базы данных «Арал-дельта»

Информационная часть базы данных «Арал-дельта» реализована в формате MS Access. Были созданы в соответствии с разработанной структурой базы данных следующие таблицы:

1. Раздел «Социально-экономические показатели»:

- SE\_Demography - Демографические показатели (таблица содержит информацию о численности населения, рождаемости, смертности, естественному приросту, миграции населения) ;
- SE\_Health - Показатели здоровья населения (таблица содержит информацию по уровню младенческой смертности, заболеваемости населения);
- SE\_AgroIndProd - Показатели сельского хозяйства и промышленности (таблица содержит информацию по показателям объема производства сельской и промышленной продукции в натуральном выражении);
- SE\_Employment - Занятость населения (таблица содержит информацию о количестве трудоспособного населения, уровне безработицы, количестве занятого населения);
- SE\_LivingStandarts - Уровень жизни населения (таблица содержит информацию о доходах населения, расходах, среднемесячной пенсии, минимальной заработной плате);

2. Раздел «Гидрологические характеристики». В данном блоке объектом исследования является Аральское море, дельта Амударьи
  - AralSeaParametersAverageAnnual - Среднегодовое значение параметров Аральского моря
  - AralSeaCoordinatesOfSurfaceBottom - Координаты (X, Y, Z) поверхности дна Аральского моря
  - refObjectsInflowDischargeWater - Расходы воды по притокам (млн. м<sup>3</sup>/месяц)
  - refObjectsInflowDischargeSalinity - Минерализация расходов воды по притокам (г/л)
  
3. Раздел «Климатические характеристики». В данном блоке климатические характеристики представлены по климатическим станциям (Муйнак, Чимбай, Тахиаташ, Кунград, Казалинск):
  - Climatic\_Monthly - Помесячные данные по климатическим станциям (данная таблица содержит данные по температуре воздуха, температуре почвы, относительной влажности, осадкам, атмосферному давлению на уровне станции, атмосферному давлению на уровне моря, скорости ветра, направлению ветра).

Основной концепцией интерфейса ИИСС является создание Web-сервера, управляющего информационной системой через Internet. На основании этого для разработки интерфейса была выбрана среда Delphi, которая позволяет работать с базой данных в диалоговом режиме при удаленном доступе. В соответствии с этим, интерфейс базы данных «Арал-дельта», являющийся частью ИИСС, также будет разработан в среде Delphi. На данном этапе для удобства ввода информации в базу данных в среде MS ACCESS разработаны формы ввода. В дальнейшем эти формы ввода будут трансформированы в Delphi для ввода информации через Internet.

Дальнейшие работы будут направлены на дальнейшую разработку интерфейса базы данных, информационное наполнение, разработку и создание web-страницы, позволяющей работать с базой данных в удаленном режиме.

## **РАЗДЕЛ VI. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЗВИТИЮ РАБОТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В ПРИАРАЛЬЕ**

### **6.1. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УСТОЙЧИВОМУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЮ ЭКОСИСТЕМ ДЕЛЬТ СЫРДАРЬИ И АМУДАРЬИ**

А.И. Тучин, К.В. Громыко

Целью работы является разработка мероприятий по устойчивому функционированию экосистем дельт рек Сырдарьи и Амударьи, обеспечивающих стабильное воспроизводство и рациональное использования их биоресурсов.

Период исследования 2003-2005 гг.

В состав задач исследования 2003 г. входило выполнение следующих работ:

1. Сбор информации о современном состоянии гидрологического и гидрохимического режима водно-болотный угодий дельт рек Сырдарьи и Амударьи
2. Сбор информации о качественном и количественном развитии основных биоресурсов ветландов дельт рек Сырдарьи и Амударьи
3. Оценка современного экологического состояния водно-болотных угодий дельт рек Сырдарьи и Амударьи.
4. Анализ воздействия возможных вариантов водохозяйственного развития дельт рек Сырдарьи и Амударьи на водно-солевой режим внутри дельтовых гидроэкосистем.

В соответствии с этим в текущем году была проведена работа по сбору, анализу и оценке существующей информации:

- о современном состоянии гидрологического и гидрохимического режима водно-болотный угодий дельт рек Сырдарьи и Амударьи;
- о качественном и количественном развитии основных биоресурсов водно-болотных угодий дельт рек Сырдарьи и Амударьи.

На основании полученных данных проведена оценка экологического состояния водно-болотных угодий дельт рек Сырдарьи и Амударьи. Показано, что основными факторами, вызывающими деградацию природных комплексов в Приаралье являются:

- прогрессирующие увеличение минерализации внутри дельтовых озёр и особенно водоёмов, являющихся малопроточными приёмниками коллекторно-дренажных вод;
- деградация и засоление гидроморфных почв, опустынивания и осолонения прибрежных территории, перевыпас и чрезмерное сенокошение луговых угодий;
- изменение абиотических параметров водоёмов и водотоков, прогрессирующие уменьшение биоразнообразия и продуктивности основных биоресурсов;
- активизация эолового пыле- и солепереноса с осушенного дна моря, изменение климата: увеличения летних температур, уменьшение относительной влажности в весенне-летний период года, снижение скорости ветра;
- падения уровня грунтовых вод и повышение их минерализации.

Падение уровня грунтовых вод является одним из основных критериев ухудшения экологического состояния ландшафтов Северного и Южного Приаралья. Основными факторами, предопределяющими падение уровня грунтовых вод, являются:

- уменьшение притока поверхностных вод в дельты рек Амударьи, Сырдарьи и снижение их инфильтрационных способностей в грунтовые воды;
- уменьшение паводковых разливов, сокращение затопляемых земель и сокращение водных поверхностей дельтовых озерных систем;
- направленное падение уровня моря, являющегося естественным базисом дренированности, отсюда снижение уровня грунтовых вод в зоне депрессионной кривой притока к морю;
- характер водохозяйственной деятельности в бассейне Аральского моря, в частности эксплуатация напорных вод и их самостоятельного излива.

В дельте реки Сырдарьи определяющими факторами, вызывающими ухудшение экологического состояния водно-болотных угодий являются:

1. Недостаточность объема стока реки, поступающего в дельту, для её полноценного обводнения (требуется в конце апреля - начале мая  $1,5-2 \text{ км}^3$ ), что вместе с отсутствием управления его гидрологическим режимом, обуславливает продолжение процесса интенсивного развития опустынивания окружающих территорий и уменьшение площади рыбоводных озёр.

2. Понижение базиса эрозии р. Сырдарьи, что вызывает понижение уровня грунтовых вод, осушение дельты, деградацию наиболее ценных в хозяйственном отношении луговых почв, площадь которых сократилось с 20 % в 1965 г. до 12 % в 1997 г от общей площади дельты, болотных соответственно с 52,6 до 25%, увеличение площади солончаков - с 21,2 до 40%, сократилась продуктивность сенокосных и пастбищных угодий.

3. Поступление в атмосферу полевого аэрозоля вызывающего снижение ее прозрачности с 0,756 до 0,68 (апрель) и с 0,74 до 0,69 (июль), перераспределение потоков солнечной и уходящей радиации, снижение теплозапаса Аральского моря, увеличение контраста летних и зимних температур, сокращение безморозного периода, уменьшения влажности воздуха.

4. Суммарный вынос твердой фазы составляет 7,3 млн. т/год из них, из которых 0,7-1,5 % приходится на соль (50-70 тыс.т/год). Зона повышенного влияния песчанно – солевых бурь доходит до 30-50 км от источника выноса, общее влияние распространяется до 300-500 км;

В дельте реки Амударьи определяющими факторами, вызывающими ухудшение экологического состояния водно-болотных угодий являются:

1. Сокращение притока воды в дельту реки, в результате этого большинство внутри дельтовых пресноводных озёр осолонились и прекратили своё существование. В многоводные и в средние по водности годы минерализация проточных водоёмов колебалась в пределах от 0.8 до 1.9 г/дм<sup>3</sup>, слабо проточных водоёмов - от 3.5 до 9.6 г/дм<sup>3</sup>, бессточных водоёмов – от 17.2 до 30.5 г/дм<sup>3</sup>. Минерализация коллекторов колебалась в пределах от 2.1 до 4.5 г/дм<sup>3</sup>.

2. Экстремальное маловодья 2000-2001 гг. вызвавшее резкое уменьшение объёма стока речных и коллекторно-дренажных вод, полное обмеление, усыхание и осолонение большинства водоёмы Южного Приаралья.

3. Увеличение минерализации воды, вызвавшее деградацию пресноводно-солонатоводной флоры и фауны озёр, замены её на солонатово-морские виды с про-

грессирующим снижением общей биопродуктивности вплоть до полной гибели водной и прибрежной биоты.

4. Восстановление водности р. Амударьи привело к концу 2002 г. к улучшению, а к середине 2003 г и к полному восстановлению гидрологического и гидрохимического режимов основных водных объектов и как следствие этого к улучшению физико-химических условий окружающей среды. Восстановление гидробиоценозов в силу инертности биологического отклика на изменение окружающей среды растянуто во времени и определяется как устойчивостью абиотических условий, так и иерархическим уровнем биоты.

5. Наиболее ярко позитивное воздействие улучшение водной ситуации в Приаралье, проявляется на растительном покрове и выражается в улучшении физиологического состояния растений, увеличении проективного покрытия и повышении видового разнообразия.

Основным отличительным качеством водно-болотных угодий дельт рек Амударьи и Сырдарьи является характер их водобеспечения:

- источниками водоснабжения основных ветландов Южного Приаралья являются минерализованные коллекторно-дренажные воды,
- источниками водоснабжения ветландов Северного Приаралья являются слабоминерализованные воды р. Сырдарьи.

В связи с этим водно-болотные угодья Южного Приаралья характеризуются преобладанием солоноватоводных экосистем, в то время как ветланды Северного Приаралья – пресноводных экосистем.

Основным фактором, оказывающим довлеющее воздействие на экологический режим водно-болотных угодий Северного Приаралья, является нестабильность их гидрологического режима, связанного как с нестабильностью стока р. Сырдарьи, так и с практически полным отсутствием системы управления гидрологическим режимом этого региона. К прочим факторам относятся прогрессирующие увеличения минерализации воды, связанное с одной стороны с уменьшением притока маломинерализованных речных вод и с другой стороны – увеличением удельного веса коллекторно-дренажных вод.

Анализ воздействия возможных вариантов водохозяйственного развития дельт рек Сырдарьи и Амударьи на водно-солевой режим внутри дельтовых гидроэкосистем показывает, что:

- Объемы речного стока позволяют стабильно поддерживать порядка 120-150 тыс. га свободной поверхности водоемов, однако из-за того, что при существующей водохозяйственной инфраструктуре, основная часть пиковых расходов уходит в правую зону Приаралья, минуя левобережную систему водоемов и польдеров, эта площадь снижается до значений ~ 70-90 тыс. га.
- Разброс в значениях показателей акватории отражает сильную чувствительность системы водоемов к водохозяйственной обстановке, и как следствие этого необходимость в обязательном управлении проточностью водоемов. Проточность озёр является основным гарантом сохранения и восстановления качества воды.
- Прекращение проточности неизбежно приводит к резкому увеличению минерализации и ухудшению качества воды.
- Наиболее проточной частью системы водоемов Приаралья является система Джылтырбас, Думалак, через которую, согласно существующим и проектируемым гидротехническим сооружениям проходит до 80% стока пиковых расходов.
- Топографические условия в Приаралье не позволяют создать инженерные сооружения необходимые для стабилизации водохозяйственной обстановки в многолетнем

разрезе, следовательно вопросы многолетнего управления водными ресурсами Южного Приаралья необходимо возложить на верховья реки Амударья.

## 6.2. РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД (ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ) И НА ИХ ОСНОВЕ ВЫДАЧА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИРОДООХРАННЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ

В.Г. Приходько, И.Б. Рузиев

Цель исследований – разработка методических рекомендаций по выбору и оценке региональных критериев качества природных вод (поверхностных и подземных) и на их основе дать рекомендации по природоохранным мероприятиям в государствах центрально-азиатского региона на основе согласованных критериев и показателей

Этапы работ:

1. Изучение и сопоставление международного опыта.
2. Сбор и анализ статистической информации в соответствии с принятой методикой определения качества поверхностных и подземных вод с учетом различных видов водопользования.
3. Выявление причины и состава загрязнителей трансграничных вод (р. Сырдарья)
4. Выявление причины и состава загрязнителей трансграничных рек (р. Амударья)

Был собран и проанализирован материал по международному опыту управлением качеством подземных и поверхностных вод; собрана и проанализирована доступная статистическая информация по качеству поверхностных и подземных вод с учетом различных видов водопользования; выявлены причины и состав загрязнителей трансграничных вод (р. Сырдарья).

Основными артериями Центрально-Азиатского региона являются (кроме северной части Казахстана) бассейны рек Сырдарья и Амударья, воды которых в низовьях в данное время не пригодны для употребления ни в одной отрасли экономики региона. Для детальной оценки загрязненности водных ресурсов бассейна Аральского моря рассмотрим каждый бассейн реки в отдельности (оценка качества вод приводятся для приводятся по критериям рыбохозяйственного водопользования).

Основными источниками загрязнения водной среды являются сельское хозяйство сточные воды и отходы предприятия горно-металлургической, химической, машиностроительной, легкой, местной перерабатывающей промышленности, теплоэнергетики, коммунального хозяйства.

В общей своей массе источники загрязнения водных объектов разделяются на точечные (промышленные, коммунальные предприятия, объекты животноводства и т.д.) и рассредоточенные или диффузионные (орошаемые массивы, крупные урбанизированные территории).

До 1990 года народное хозяйство республик входящих в бассейн реки Амударья функционировало на полную мощность и данные, необходимые для настоящей работы, были наиболее полно обобщены и проанализированы.

В последующие годы в связи со спадом производства во многих отраслях промышленности значительное количество объектов либо не работают на полную мощность, либо остановлены вообще. Это сказалось на снижении сбросов загрязняющих веществ в водные объекты. 1990 год является годом близким к среднемноголетнему по водности.

В связи с этим и с учетом перспектив подъема экономического развития будут рассматриваться в основном имеющиеся данные по источникам загрязнения за 1989-1990 гг., а где возможно - сведения и за более поздний период.

Река Амударья начинается от слияния рек Пяндж, Вахш и Кафирниган, которые находятся на территории Таджикистана и частично, на территории Афганистана и Киргизии.

Оценка воды р. Пяндж осуществлена по двум створам: ств. Хиромонджо, расположенного в 351 км от устья и ствола Нижний Пяндж, расположенного в 34 км от устья.

Речная вода в стволе Хиромонджо имеет невысокую минерализацию, среднегодовая величина которой составляет от 98,7 мг/л до 229,7 мг/л. Это естественная ее величина, поскольку выше этого створа отсутствуют какие-либо источники загрязнения, способные вызвать ее увеличение.

Из главных ионов в речной воде преобладают  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$ . Содержание хлоридов и сульфатов составляет от 1,0 ПДК до 15% ПДК. Содержание ионов натрия так же незначительно, преимущественно в пределах 20% от величины ПДК. Концентрации соединений азота в речной воде в пять и более раз ниже ПДК. Так максимальное его значение составляет 19% от ПДК.

Фенолы в речной воде обнаруживались в единичных случаях. В отдельные годы фиксировались нефтепродукты и СПАВ, но их содержание не превышало 4% от ПДК.

В створе Хиромонджо в речной воде отмечено высокое содержание кремния, среднегодовая концентрации которого изменяется в пределах 3,83-5,52 мг/л (38-55% от ПДК), максимальная концентрация достигала почти до ПДК. По видимому это объясняется причинами природного характера. Источники антропогенного характера появления данного вещества в исследуемом районе отсутствуют.

Однако речная вода, в данном створе, имеет органическое загрязнение. Так, среднегодовая величина БПК<sub>5</sub>, отдельные годы, составила 2,4 мгО<sub>2</sub>/л. Максимальные его величина превышают ПДК в 1,3-2,8 раза, достигая 5,5 мгО<sub>2</sub>/л.

Кроме того, в данном створе выше допустимых норм находится такой показатель как ХПК, характеризующий наличие в речной воде трудно окисляющихся органических веществ. Так максимальное их значение составляет 1,5 раза выше ПДК.

Таким образом, вода р. Пяндж в створе Хиромонджо в отдельные периоды не соответствовала требованиям, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения по следующим показателям качества воды: по БПК и ХПК.

В створе Нижний Пяндж минерализация воды в 2-3 раза выше, чем в створе Хиромонджо. Здесь среднегодовая ее величина за последний 10 лет колебалась от 331,9 мг/л до 552,4 мг/л. Это увеличение объясняется причинами как природного (режимом питания, характер подстилающих пород), так и антропогенного характера. К числу последних относится коллекторно-дренажные воды сбрасываемые в р. Пяндж и его приток Кызылсу. Однако, объем КДВ здесь составляет менее 10 % от стока р. Пяндж, а максимальная величина его не превышала 2,0 г/л, составляя в среднем 0,6-0,7 г/л. Минерализация вод Кызылсу в устье, в отдельных случаях, превышает 1,0 г/л. Максимальная минерализация вод р. Пяндж, за последние несколько лет находилось в пределах 552,5- 1251 мг/л. В большинстве своем максимальная величина минерализации не превышает 0,7-0,9 ПДК, минерализация воды более чем 1000 мг/л не характерна для р. Пяндж. Она колебалась за 10 лет только один раз.

В этом створе под влиянием сбросов КДВ и р. Кызылсу происходит изменение ионного состава речных вод. Преобладающими анионами при минерализации менее 0,35 г/л являются гидрокарбонатные, при более высокой - ионы хлора.

При сравнении наблюдаемых данных концентраций главных ионов с допустимы-

ми нормами водоемов хозяйственно-питьевого водоснабжения установлено, что содержание  $\text{Na}^+$  за редким исключением составило 20-80 % ПДК,  $\text{SO}_4^{2-}$  – 13-33 %,  $\text{Cl}^-$  – 10-60%.

Содержание соединений азота в речной воде в данном створе незначительно и находится в тех пределах, что и в Хиромонджо. Максимальная концентрация нитритов составила 19% от ПДК.

По сравнению с предыдущим створом здесь увеличивается содержание кремния, среднегодовая концентрация которого составляет в пределах 5,1-7,5 мг/л. В отдельные годы максимальная его величина достигала, ПДК и составило 100-142% от нормы.

Фенолы речной воде обнаруживаются редко. В последние годы отмечено появление нефтепродуктов, но их содержание не превышало 10% ПДК.

В створе увеличивается по сравнению со створом Хиромонджо ХПК речной воды. Здесь максимальная ее величина достигает 31,2 мг $\text{O}_2$ /л, что более чем в 2 раза выше ПДК. Максимальная из среднегодовых превышает 1,15 ПДК.

Содержание в воде железа в отдельные месяцы до 6-ти раз превышал ПДК. Таким образом, в створе Нижний Пяндж вода не соответствует требованиям, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения по следующим показателям: по БПК, ХПК, железу и минерализация.

Р. Вахш. Оценка качества воды р. Вахш проводилась по двум створам – Головная ГЭС, расположенная в 171 км от устья реки; Тигровая балка, расположенная в 58 км от устья. Естественный режим реки искажен антропогенным вмешательством. Регулирование стока в Рогунском и Нурекском водохранилищах, строительство каскада ГЭС способствовали снижению в воде содержания взвешенных веществ, улучшению качества воды по некоторым показателям: повышению ее прозрачности, лучшему насыщению растворенным кислородом. Вода р. Вахш в силу природных условий имеет более высокую естественную минерализацию, чем р. Пяндж.

В створе "Головная ГЭС" среднегодовая минерализация изменялась в пределах 456,8 – 597,4 мг/л максимальная – 638,7 – 904,3 мг/л. Хотя она и находилась в пределах ПДК, но все-таки в большинстве случаев составляла более 50 % ПДК.

Что касается ионного состава, то среди катионов преобладает  $\text{Ca}^{2+}$ , а анионов –  $\text{SO}_4^{2-}$ . При приближении минерализации к 1000 мг/л – на первое место среди катионов выходит  $\text{Na}^+$ . Его содержание составляет, в основном, не более 50 % ПДК. Концентрация анионов  $\text{Cl}^-$  не превышает 40 % ПДК.

Содержание соединения азота в речной воде невелико. Нитриты не входят пределы 1,0 мг/л, составляя менее 10% ПДК. Кремний содержится в меньших количествах, чем в воде р.Пяндж. Максимальная его концентрация составляет 62 % ПДК и среднегодовая - колебалась в пределах от 24 до 49 % ПДК.

Содержание меди и цинка не достигает 1 % ПДК. Среднегодовая ХПК колеблется от 8-до 93 % ПДК. Максимальная на 52 % превышает ПДК, т.е. находится в тех же пределах, что и в р. Пяндж, в створе Хироманджо.

Максимальная величина БПК<sub>5</sub>, в отдельные периоды, достигает 1,9 ПДК

Анализируя вышеизложенное можно сказать о том, что качества воды р. Вахш в створе «Головная ГЭС» в отдельные периоды не отвечает требованиям, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения по следующим показателям: БПК<sub>5</sub>, ХПК и железо. По ИЗВ – это умеренно загрязненная вода (III класс).

Наблюдения за гидрохимическим режимом р. Вахш в створе "Тигровая балка" начали проводиться с 1983 г. Выше данного створа река является приемником основной части коллекторных вод, формирующихся в бассейне.

Среднегодовая минерализация КДВ составляет 1,6-2,0 г/л. Вследствие этого, среднегодовая минерализация увеличивается до 647,3-1077,2 мг/л. Максимальная за 10

летний период она достигала 1619-2177 мг/л (1,6-2,2 ПДК).

Превалирующими ионами также, как и в створе Головная ГЭС являются  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , но их концентрации здесь более высокие. Максимальная концентрация  $\text{SO}_4^{2-}$  обнаружены в апреле и сентябре, достигающие 1,3-1,5 ПДК. Среднегодовые значения возрастают до 80% ПДК.

В воде увеличивается содержание  $\text{Cl}^-$  в маловодные годы оно почти на 70% превысило допустимые нормы. Среднегодовая величина составила 0,21 ПДК. При высокой минерализации (более 1200 мг/л) за пределы выходит содержание  $\text{Na}^+$ .

Соединение азота содержится в небольших количествах, хотя и в 1,5 раза больше чем в створе Головная ГЭС.

ХПК речной воды находится приблизительно на том же уровне, что и в ств. Головная ГЭС. Максимальное значение данного показателя составляет 1,45 ПДК, среднегодовое 1,1 ПДК (ПДК для водоемов хозяйственно питьевого водопользования).

Анализ показывает, что в низовьях р. Вахш, вследствие антропогенного воздействия, а также природных факторов существенно увеличивается минерализация, возрастает содержание  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ .

В створе Тигровая балка не отмечается влияние на качества воды промышленных и коммунально-бытовых сточных вод. Это подтверждается такими показателями как ХПК, БПК<sub>5</sub>, содержание соединений азота, нефтепродуктов, фенолов. По-видимому, влияние сброса Вахшского азотно-тукового комбината, сточных вод г. Калининабада и других носит локальный характер и вследствие разбавления, смешения и самоочищения распространяется на небольшое (порядка 3-5 км) расстояние.

Вода в створе Тигровая балка в отдельные периоды не отвечала требованиям, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения по следующим показателям: минерализация, ХПК, БПК<sub>5</sub> и общая жесткости.

Р. Кафирниган. Оценка качества воды данной реки проводилась в створе Тартки, расположенном в 102 км от устья. Вода р. Кафирниган имеет невысокую минерализацию. Ее среднегодовая величина составила 277,7 – 450 мг/л, максимальная – 411,2 – 1024 мг/л.

Превалирующими главными ионами в речной воде являются  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$ . При минерализации более 500 мг/л из ионов на первое место выходит ион  $\text{SO}_4$ . Что касается нормируемых ионов, то содержание  $\text{Na}^+$  достигает 1,4 ПДК,  $\text{SO}_4$  – 0,95 ПДК. Эти высокие содержания наблюдались только один раз при минерализации превышаемой 1,0 г/л. В остальных случаях эти значения гораздо ниже (0,2-0,3 ПДК).

Соединения азота находятся в пределах ПДК, но их содержание в 3-5 раз выше, чем в воде Вахша и Пянджа. Так, максимальное содержание аммонийного азота достигает 0,7 ПДК; нитратный азот – 0,53 ПДК.

Вода р. Кафирниган характеризуется высокой величиной ХПК, максимальные значения которой достигают 2,1 ПДК; среднегодовое значение находилось в пределах до 1,0 ПДК. Высокое значение этого показателя обусловлено влиянием сбросов промышленных и коммунально-бытовых сточных вод, поступающих в реку выше данного створа.

Среднегодовая величина БПК<sub>5</sub> также превышает ПДК, достигая более 1,0 ПДК, максимальная составляет 2,4 ПДК. За весь анализируемый период БПК в реке выше допустимых норм. Это свидетельствует о загрязнении вод органическими веществами антропогенного происхождения.

Среднегодовая концентрация железа в воде реки изменялась в пределах от 0,20 ПДК до 1,2 ПДК. Максимальная концентрация данного компонента достигала до 3,0 ПДК.

Среднегодовое содержание кремния, в основном, составляет до 0,88 ПДК. Фено-

лы в речной воде отсутствуют. Нефтепродукты или отсутствуют или содержатся в незначительном количестве. Таким образом, превышение ПДК обнаруживалось: по БПК<sub>5</sub>, ХПК и железу.

Р. Сурхандарья. Химический состав воды этой реки в значительной степени формируется под влиянием загрязнений, поступающих со сточными водами предприятий г. Денау, киш. Шурчи, г. Термез и коллекторно- дренажных стоков.

Минерализация воды реки возрастает от истоков до устья в среднем на 0,5 ПДК, а в замыкающем створе г. Термеза – более 1,0 ПДК. По химическому составу во все фазы гидрологического режима, вода относится к хлоридному классу, группа натрия и кальция. Минерализация воды несколько снижается в период половодья (293-766 мг/л) и возрастает в период межени (742-1315 мг/л).

Содержание органических веществ по ХПК составило 6,7 мгО<sub>2</sub>/л, по БПК - 0,99 мгО<sub>2</sub>/л.

Максимальные концентрация загрязняющих веществ в пункте г. Шурчи составили фенолы – 9,01 ПДК, нефтепродукты – 1,4 ПДК, азот нитритный – 1,6 ПДК, азот аммонийный – 0,1 ПДК, медь – 1,8 ПДК, хром – 1,0 ПДК.

Загрязнение реки фенолами по течению менялось незначительно и составило в среднем 3 ПДК. Содержание нефтепродуктов составило в среднем по реке 1,0 ПДК.

Загрязнение реки минеральным азотом по течению существенно не менялось и составило по азоту аммонийному – 0,1 ПДК, по азоту нитратному – 0,9 ПДК. По сравнению с предыдущими годами уровень загрязнения реки минеральным азотом снизился в 2 раза.

Содержание хлорорганических пестицидов в анализируемый период снизилось в 2,5 раза и составило по альфа ГХЦГ – 1,8 ПДК, по гамма ГХЦГ – 1,0 ПДК. Присутствие ДДТ и его метаболитов не отмечено. Однако, содержание пестицидов недопустимо для рыбохозяйственного водопользования.

По величине ИЗВ качества воды р. Сурхандарья во всех створах относится к третьему классу умеренно загрязненных вод.

Р. Кашкадарья. Химический состав воды этой реки формируется под влиянием промышленных, коммунально-бытовых сточных вод городов Шахрисаба, Карши и КДВ с орошаемых полей. Это влияние проявляется в том, что минерализация реки возрастает от истоков к устью. В створе киш. Варганза она составила 0,2 ПДК, а в створе пос. Чимкурган 0,91 ПДК. В среднем за последние годы содержание минеральных солей составило 0,54 ПДК.

Кислородный режим реки в исследуемом году был удовлетворительным концентрация растворенного кислорода была на уровне 8,8 мгО<sub>2</sub>/л. Загрязнение реки фенолами, нефтепродуктами, СПАВ по течению реки менялось мало и составило 2 ПДК, 1,4 ПДК, 0,1 ПДК, соответственно.

Уровень загрязнения азотом аммонийным и нитритным по сравнению с предыдущими годами существенно не изменился и составил 0,1 ПДК и 0,2 ПДК соответственно. Содержание нитритов сократилось в 13 раз и составило 0,4 ПДК.

Р. Амударья. Оценка качества воды этой реки проводилась по следующим створам: г. Термез, расположенный в 1277 км от устья в 2,5 км ниже впадения р, Сурхандарья и в черте порта; г. Керкичи, расположенного вблизи железнодорожной станции Керки, в 1045 км от устья; г. Чарджоу, расположенного в 750 км от устья, ниже г. Чарджоу; Кипчак, расположенного в 283 км от устья реки; г. Нукус, расположенного в 215 км от устья; к. Кзылджар, расположенного в устье реки.

В Термезе среднегодовая минерализация колеблется от 652, 1 до 920 мг/л. максимальные ее значения достигали 1,29 ПДК. Химический состав воды реки на территории Узбекистана и Туркменистана формируется в значительной степени под влиянием за-

грязнений, поступающих в реку с сельхозстоками, а также сточных вод промпредприятий г. Термеза.

Это влияние проявляется в том, что вода реки имеет высокую минерализацию 0,9 ПДК – в среднем по реке. Содержание солей в воде реки колеблется по течению. В пункте Термез оно составило 0,65 ПДК и возросло до 1,1 ПДК в пункте г. Кипчак, а к замыкающему створу кишл. Кзылджар вновь снизилось до 1,0 ПДК. Минерализация воды несколько возрастает в период межени от 0,7 до 1,7 ПДК и снижается в половодье от 0,3 до 0,66 ПДК. Во все фазы гидрологического режима, по химическому составу, вода реки относится к сульфатно-хлоридному классу группы натрия или кальция. Кислородный режим реки последние годы был удовлетворительным, концентрация растворенного кислорода в среднем на уровне 10,50 мгО<sub>2</sub>/л.

На территории Узбекистана вода р. Амударьи поступает с наибольшим содержанием органических веществ, В ств. г. Термез ХПК в среднем составило 9,6 мгО<sub>2</sub>/л. От истоков к устью содержание органических веществ колеблется в пределах 2,5-23,0 мгО<sub>2</sub>/л, составляя в среднем по реке 8,6 мгО<sub>2</sub>/л. Также загрязняется река предприятиями Минсельводхоза, судами речного флота и коллектоно-дренажными водами с орошаемых территории. Наиболее загрязнена река у пункта кишл. Кзылджар. Максимальные концентрации загрязняющих веществ в этом пункте составили по фенолам- 8 ПДК, нефтепродуктам 2,4 ПДК, по азоту аммонийному 0,2 ПДК, нитратам 5,0 ПДК.

По течению реки загрязнение воды фенолами менялось мало и составило в среднем по реке 2 ПДК. Максимальное среднегодовое значение отмечено в пункте Кзылджар – 3 ПДК.

Уровень загрязнения реки нефтепродуктами невысок, в среднем до 1,0 ПДК и от истока к устью менялся незначительно. Содержание аммонийного, нитратного и нитритного азота невысокие и средние их величины по водотоку составили 0,08 ПДК, 0,67 ПДК, 0,1 ПДК соответственно.

Загрязнение воды пестицидами в исследуемом периоде снизилось в 2 раза по сравнению с уровнем предыдущих лет и составило по альфа ГХЦГ- 2,9 ПДК, по гамма ГХЦГ - 1,8 ПДК. ДДТ и его метаболиты не обнаружены.

По величине ИЗВ качество воды реки Амударьи относится к III классу умеренно загрязненных вод.

В последние годы, в связи со снижением применения минеральных удобрений, ядохимикатов (хотя в последние годы появились другие около 30 видов, для которых еще не разработаны стандарты) в сельском хозяйстве и спадом промышленных производств, а также с применением ряд водоохраных мер, сократился сброс сточных вод в реки и одновременно снизилась загрязненность водных источников в регионе, по некоторым параметрам. Тем не менее, по-прежнему сохраняются следующие проблемы (как в бассейне р. Амударьи так и в бассейне р. Сырдарьи):

- кризисная экологическая ситуация в связи с загрязнением водотоков и водоемов различными загрязнителями;
- усиливающееся антропогенное влияние на качество водных объектов;
- отсутствием система утилизации, очистки и переработки сточных вод;
- отсутствие очистных сооружений как на промышленных, коммунально-бытовых так и на сельскохозяйственных объектах;
- неразвитая и неудовлетворительная техническая и методическая база мониторинга качества воды и источников ее загрязнения;
- несовершенство законодательной базы, отсутствие экономического механизма реализации водоохранного законодательства и т.д.

## **РАЗДЕЛ VII. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ СОЛЯМИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И УТИЛИЗАЦИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОЗВРАТНЫХ ВОД**

### **7.1. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДРЕНАЖНЫХ ВОД В РЕГИОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

А.И. Тучин, П.Д. Умаров

Были выполнены исследования системы критериев и моделей (компьютерных программ) управления коллекторно-дренажными водами.

Исследованы уравнения функционирования коллекторно-дренажной сети.

Приведены числовые значения снижения работоспособности различных типов коллекторно-дренажных систем, стоимостные характеристики их восстановления.

Рассмотрена характеристика коллекторно-дренажных систем. Представлено формальное описание коллекторно-дренажной сети.

Определены основные показатели, такие как:

- капиталоемкость коллекторно-дренажной сети;
- эксплуатационные затраты, доля капиталоемкости, выделяемая ежегодно для поддержания функциональной способности коллекторно-дренажной сети на постоянном уровне.

Исследуются уравнения связи между этими показателями и вводно-солевым балансом в зоне аэрации.

Модель эффективного распределения и использования дренажных вод разрабатывается в системе GAMS.

### **7.2. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗВРАТНЫМ СТОКОМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДЕФИЦИТА ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД В ГОСУДАРСТВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

Э.Д. Чолпанкулов, О.П. Инченкова

Были проведены исследования по следующим этапам:

- Анализ и оценка стока возвратных вод с орошаемых полей по литературным источникам, анализ материалов схем комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек Сырдарья и Амударья.
- Оценка объема возвратных вод по отраслям (орошение, хозкомбыт и т. д.).
- Определение объемов возвратного стока с использованием комплекса программ ISAREG.
- Подготовка материалов и алгоритма к модели совместимости возвратных и оросительных вод.

Орошение земель в современных условиях сопровождается процессом формирования возвратных вод, что приводит к существенным изменениям водного баланса территории, режима стока рек по времени и по длине.

Оценка объема возвратных вод в условиях напряженного водохозяйственного баланса бассейнов рек Амударьи и Сырдарьи имеют важное практическое значение как для текущего водораспределения, так и для планирования орошения на перспективу.

Основная цель данного исследования – разработать методы управления возвратным стоком для того, чтобы снизить дефицит водообеспеченности в условиях дефицита водных ресурсов и улучшить качество природных вод.

Целью работы является проведение анализа и оценки стока возвратных вод, обоснование оценки подхода к разработке методов управления возвратным стоком.

Возвратные воды в водном хозяйстве играют большую роль: эти водные ресурсы составляют 30-40% и более от количества воды, забираемой на орошение.

Однако до настоящего времени проблема возвратных вод недостаточно изучена. Под возвратными водами мы понимаем часть стока, взятая из водного источника и поступившая подземным путем в естественную или искусственную гидрографическую сеть или в естественные понижения и водоемы.

Под дополнительными водами надо понимать водные ресурсы рек на участках, расположенных ниже створов выхода из гор, сформированные боковой и русловой приточностями и русловым возвратным стоком.

Для количественной оценки возвратных вод можно использовать следующие характеристики: потенциальные ресурсы, среднемноголетний и годовые стоки, максимальные и минимальные годовые стоки, внутригодовое распределение стока по месяцам в абсолютных величинах и в процентах от годового стока.

Потенциальные ресурсы возвратных вод представляют верхний предел их возможной величины, являясь интегральной величиной фильтрации с орошаемой территории, т.е. со всей ирригационной сети и орошаемых полей. Она определяется расчетным путем по среднемноголетней величине подачи воды на орошение и коэффициенту полезного действия системы.

Практически возможная к использованию величина стока возвратных вод всегда будет меньше потенциальной.

Главнейшие определяющие факторы стока возвратных вод – это режимы орошения сельскохозяйственных культур, водного источника, грунтовые воды, почвенно-геологические условия и состояние ирригационной и коллекторно-дренажной сети. Эти факторы в разной степени используются при анализе формирования стока возвратных вод. На предварительной стадии изучения возвратных вод количественную оценку их можно произвести лишь приближенно, используя следующие данные – объемы воды из источника орошения, заборы воды на орошение и промывки, сбросы по дренам и коллекторам, изменение запасов грунтовых вод, изменения в оросительной и мелиоративной сети на исследуемой территории.

Возвратные воды подразделяются на русловые, поступающие непосредственно в реки, как в естественные дрены, и внутрисистемные, формирующиеся в зонах командования оросительных каналов и отводимые по крупным коллекторам и сбросам в реки или естественные понижения.

Возвратные воды, как отмечено выше, состоят из коллекторно-дренажного стока от орошения, сточных вод от промышленности и коммунального хозяйства. Наибольшая доля объема возвратных вод приходится на коллекторно-дренажный сток. Из всего объема возвратного стока дренажные воды составляли в 1990 г. по бассейну Сырдарьи 92% и 95% по бассейну Амударьи. (Соколов В.И., 1999). Остальной объем приходится на сточные воды. В 1997 г. доля сточных вод в общем объеме дренажных вод по бас-

сейну Сырдарьи составили 10% и 6% - по бассейну Амударьи.

Ресурсы возвратных вод Ферганской долины по оценкам разных исследователей определяются от 4 до 12 км<sup>3</sup>. В.П.Светицкий оценил ресурсы возвратных вод Ферганской долины в 1956-1966 гг. следующим образом (табл. 1):

Таблица 1

### Ресурсы возвратных вод Ферганской долины

Год	М <sup>3</sup> /сек	Км <sup>3</sup>	Год	М <sup>3</sup> /сек	Км <sup>3</sup>
1955-1956	155,9	4,9	1961-1962	220,0	6,92
1956-1957	160,1	5,02	1962-1963	206,8	6,50
1957-1958	160,8	5,05	1963-1964	238,3	7,49
1958-1959	213,1	6,69	1964-1965	273,1	8,59
1959-1960	222,2	6,97	1965-1966	232,8	7,30
1960-1961	266,0	8,36	среднее	213,1	6,70

Процент от водоподачи дренажного стока по его оценкам составляет 37%.

В материалах «Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Сырдарьи» 1979 г. величина возвратного стока несколько увеличивается (табл. 2).

Таблица 2

### Ресурсы возвратных вод Ферганской долины (км<sup>3</sup>/год)

Год	Водозабор на орошение	Возвратные Км <sup>3</sup>	Воды %
1965-1966	17.8	10.1	56
1966-1967	19.6	10.8	55
1967-1968	19.8	11.5	58
1968-1969	17.6	10.5	60
1969-1970	19.1	11.9	62
1970-1971	20.5	11.8	57
1971-1972	21.3	12.3	58
1972-1973	21.2	12.7	60
1973-1974	22.6	13.2	58
1974-1975	18.2	9.06	50
1975-1976	19.5	10.0	51
среднее	19.74	11.26	57

НИЦ МКВК проводил многолетние работы (Соколов В.И. и др., 1998.) по определению возвратных вод, оценке фактического наличия возвратных вод по основным составляющим и анализу структуры возвратных вод в разрезе водохозяйственных районов. За основу была взята Схема комплексного формирования и охраны водных ресурсов бассейнов Амударьи (Средазгипроводхлопок, 1984 г.) и Сырдарьи (Средазгипроводхлопок, 1987 г.), а также база данных WARMIS (табл. 3).

Таблица 3

**Формирование коллекторно-дренажных и сточных вод (млн. м<sup>3</sup>)  
в Ферганской долине (1970-1997 гг.)**

Год	Объем КДВ (млн. м <sup>3</sup> )	Год	Объем КДВ (млн. м <sup>3</sup> )	Год	Объем КДВ (млн. м <sup>3</sup> )
1970	8230	1980	8440	1990	7100
1971	7570	1981	9170	1991	6000
1972	7380	1982	8130	1992	7450
1973	7730	1983	9260	1993	7710
1974	5520	1984	9200	1994	7340
1975	6530	1985	8220	1995	7880
1976	7100	1986	8100	1996	8020
1977	7850	1987	8460	1997	7700
1978	8960	1988	8960		
1979	8740	1989	8750		

Развитие народнохозяйственного комплекса Узбекистана тесно связано с функционированием и развитием водного хозяйства. При этом надо исходить из того, что сельское хозяйство нуждается не только в оросительной воде, но и в создании мелиоративных условий, обеспечивающих необходимый фон для эффективного осуществления агротехнического процесса. Требования других отраслей водопотребителей ограничиваются необходимым объемом и качеством воды.

К неирригационным водопотребителям относятся коммунальное хозяйство, сельскохозяйственное водоснабжение, промышленность, рыбное хозяйство. Электроэнергетика является водопользователем, а не водопотребителем.

Суммарное требование на воду ирригационных потребителей воды, безвозвратное водопотребление и водоотведение для бассейна Сырдарьи и областей Ферганской долины представлены в табл. 4.

Были определены объемы возвратного стока с использованием комплекса программ ISAREG.

Этот комплекс программ был разработан в Техническом Университете Лиссабона (Португалия). Комплекс программ состоит из программ EVAPOT, KCISA и ISAREG, по которым определяются эталонная эвапотранспирация - испаряемость, эвапотранспирация – суммарное испарение сельхозкультур по стадиям развития не только за период одной вегетации, но и за многолетний или среднемноголетний периоды. В результате работы программ вычисляются поливные и оросительные нормы сельхозкультур (табл. 4).

Посевы сельхозкультур, приведенных нами в табл. 4, составляют более 70% от всей пахотной земли. Используя оросительные нормы, вычисленные по комплексу программ ISAREG, и площади, занятые этими культурами, можно определить объемы воды, необходимые для орошения.

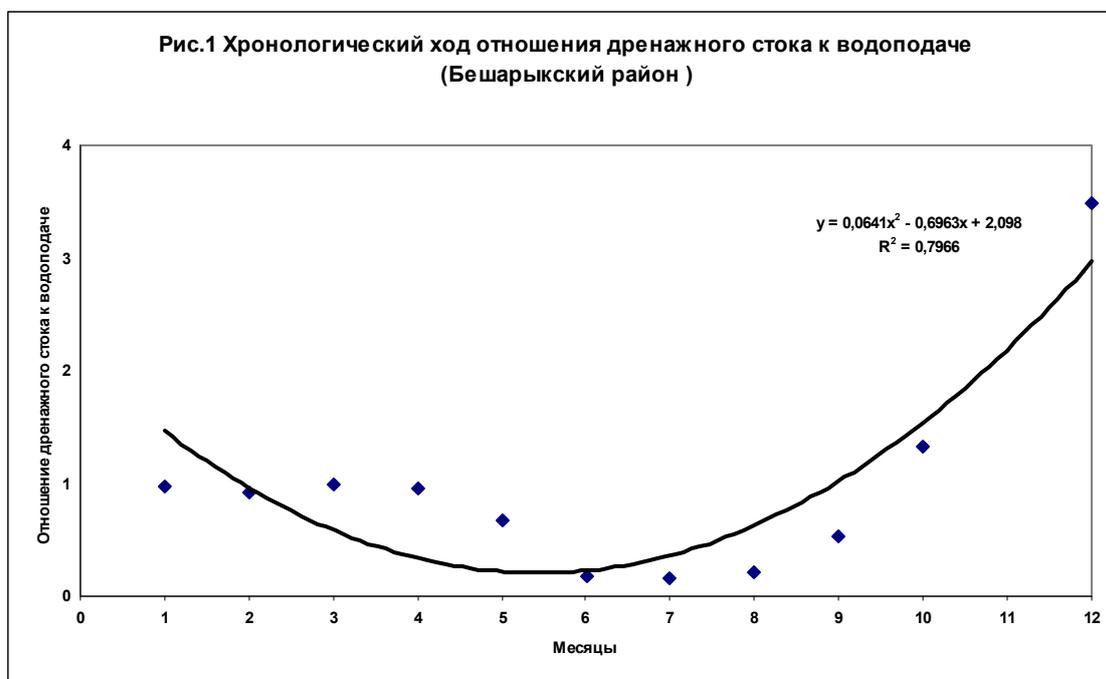
Таблица 4

**Оросительные нормы основных сельскохозяйственных культур (мм) по Ферганской долине**

Метеостанция	Сельхозкультура	Оросительная норма
Андижан	Хлопчатник	620
	Озимая пшеница	525
	Люцерна	830
Коканд	Хлопчатник	660
	Озимая пшеница	525
	Люцерна	887
Наманган	Хлопчатник	680
	Озимая пшеница	320
	Люцерна	758
Федченко	Хлопчатник	527
	Озимая пшеница	278
	Люцерна	730
Фергана	Хлопчатник	580
	Озимая пшеница	340
	Люцерна	783

Работа проводилась по определению оросительных норм основных сельхозкультур: хлопчатник, озимая пшеница, люцерна, овощи. Имея площади орошения этих культур и КПД оросительных систем, определялся объем водоподачи.

Нами был получен вид аналитической зависимости величины дренажного стока от водоподачи в течение года.



Приведем полученные зависимости для районов Ферганской области – Бешарыкского, Ромитанского, Багдатского, Алтынарыкского и Кувинского районов.

Эти зависимости были получены с использованием нами материалов САНИИРИ

за 2002 г. (отчет о НИР «Использование на орошение коллекторно-дренажных и подземных вод по месту формирования в целях повышения водообеспеченности орошаемых земель», Якубов Ш.Х.)

1. Бешарыкский район:

$$Y = 0,0641 X^2 - 0,6963 X + 2,098 \text{ с коэффициентом корреляции } r = 0,80$$

где  $Y$  – отношение дренажного стока к водоподаче,  $X$  – месяц. В качестве примера приводится рис.1.

2. Багдатский район

$$Y = 0,0559 X^2 - 0,7767 X + 2,839 \quad r = 0,90$$

3. Алтыарыкский райое

$$Y = 0,0942 X^2 - 1,2206 X + 4,1446 \quad r = 0,9$$

4. Кувинский район

$$Y = 0,082 X^2 - 1,1306 X + 4,385 \quad r = 0,70$$

5. Рыштанский район:

$$Y = 0,1235 X^2 - 1,6878 X + 6,0646 \quad r = 0,92$$

6. Область:

$$Y = 0,0835 X^2 - 1,0913 X + 3,7943 \quad r = 0,91.$$

Используя эти зависимости и зная водоподачу для сельхозкультур на определенную территорию, можно определить величину объема формирования возвратных вод в определенное время года на этой территории.





**Адрес редакции:**  
Республика Узбекистан,  
700187, г. Ташкент, Карасу-4, 11,  
НИЦ МКВК

[www.icwc-aral.uz](http://www.icwc-aral.uz)

Компьютерная верстка  
*Акбаров О.Р.*

[info@icwc-aral.uz](mailto:info@icwc-aral.uz)