

**Проект RIVERTWIN**

**Концепция построения интегрированной модели Чирчик-Ахангаран-  
Келесского суббассейна**

**Вступительный отчет РП-6**

**Ташкент, август 2004 г**

## **Исполнители**

В.А.Духовный, д.т.н, проф., руководитель работы,  
А.Г.Сорокин,  
А.И.Тучин,  
Д.Сорокин,  
Е.Темлянцева

## Содержание

Введение

1. Управление суббассейном как природно-технической системой
2. Выделение единиц планирования
3. Структура комплекса моделей
4. Требования к базе данных и географической информационной системе

Заключение

## Введение

Концепция построения интегрированной модели включает:

- Анализ Чирчик-Ахангаран-Келесского суббассейна (ЧАКСБ) как природно-технической системы (ПТС),
- Предложения по выделению единиц планирования и схематизации ЧАКСБ
- Предложения по построению моделей и их объединению посредством интерфейса в единый интегрированный комплекс,
- Требования к информационному обеспечению моделей - базе данных (БД) и географической информационной системе (ГИС).

### 1. Управление суббассейном как природно-технической системой

1.1 ЧАКСБ рассматривается как объект управления – ПТС.



Рис. 1 Схема управления ПТС

1.2. ПТС ЧАКСБ состоит из подсистем:

- формирования водных ресурсов,
- распределения водных ресурсов,
- использования водных ресурсов,
- водопотребления,
- охраны водных ресурсов,
- социально-экономического развития,

**1.3.** Подсистема формирования водных ресурсов ЧАКСБ включает природные ландшафты, с компонентами – климат, почвы, источники воды (поверхностные, подземные), растительность, в том числе - изучаемые человеком, охраняемые и контролируемые, и антропогенные ландшафты, находящиеся под влиянием деятельности человека в зоне формирования стока.

**1.4.** Подсистема распределения водных ресурсов ЧАКСБ включает:

- Речную сеть,
- Ирригационную сеть (транспортирующую воду),
- Систему “Водоканал” – подающую воду из поверхностных и подземных источников для целей водоснабжения,
- Объекты управления – регулирования речного стока (водохранилища, как накопители и регуляторы), распределения (делители) и водопадаци (водозаборы, водовыделы).

**1.5.** Подсистема использования водных ресурсов ЧАКСБ включает:

- Гидроэнергетику – существующее состояние, развитие структуры, энергетические требования, производство электроэнергии, эффективность.
- Рекреацию – в привязке к водным объектам, в виде требований к их режиму, охране, с выходами по доходам (эффектам) от оздоровления населения, развития сферы туризма, коммерческой деятельности.

**1.6.** Подсистема водопотребления ЧАКСБ включает

**1.6.1.** Потребителей воды:

- Коммунальное хозяйство городов и крупных населенных пунктов,
- Промышленность,
- Теплоэнергетику,
- Орошение,
- Прудовое рыбоводство,
- Прочих водопотребителей – обводнение пастбищ, водоснабжение сельского населения и ферм.

**1.6.2.** Аграрное производство:

- Продукцию сельского хозяйства на орошаемых землях и богаре в зонах орошения и вне зон орошения,
- Животноводство и птицеводство,
- Рыбоводство (прудовое хозяйство),
- Продукцию переработки сельскохозяйственных продуктов.

**1.6.3.** Систему формирования возвратного стока, его повторного использования и водоотведения, включая:

- Коллекторно-дренажные воды (КДВ),
- Промышленные стоки,
- Коммунально-бытовые стоки - сточные воды с крупных населенных пунктов,
- Сельскохозяйственные (с/х) стоки – сточные воды с фермерских хозяйств, бытового обслуживания сельского населения.

**1.7.** Подсистема охраны водных ресурсов ЧАКСБ включает:

- Экологические требования к водным объектам,
- Экологические требования к зоне формирования стока(ЗФС),
- Ограничения по сбросу возвратных вод (количество, качество воды),
- Требования к водоохранным зонам и участкам,
- Критерии и показатели экологической устойчивости.

**1.8.** Подсистема социально-экономического развития ЧАКСБ определяет основные условия, границы, масштабы, приоритеты, показатели, темпы динамики ПТС и включает:

- Сценарии развития ПТС, с динамикой производства по отраслям и районам,
- Потенциал и распределение инвестиций на перспективу,
- Систему компромиссов, критериев, индикаторов и показателей оценки функционирования и устойчивого развития ПТС, в увязке требований природы, человека,
- Факторы, лимитирующие дальнейшее развитие ПТС и его стимулирующие, их тренды на перспективу.

## **2. Выделение единиц планирования**

**2.1** Из совокупности информационных объектов, каждый из которых может быть описан с точки зрения требований пользователя информации, изучения и моделирования процессов управления ЧАКСБ (в рамках целей и задач проекта), в их взаимосвязи и развитии, можно выделить:

- Точечные объекты,
- Линейные объекты.
- Площадные объекты.

**2.1.1.** Точечные объекты включают:

- источники водных ресурсов – условные точки формирования водных ресурсов, обозначенные по поверхностным водам (в створах рек), подземным водам (отдельным либо агрегированным родникам, скважинам),
- объекты водоснабжения - точки потребления водных ресурсов для целей питьевого и коммунального хозяйства,
- объекты промышленности - точки сосредоточенного водозабора для промышленных нужд,
- станции производства электроэнергии – гидроэлектростанции (ГЭС), тепловые электростанции (ТЭС),
- точки водовыделов из речной и оросительной сети в зоны орошения (для нужд орошаемого земледелия, с/х водоснабжения, рыбного хозяйства),
- точки сосредоточенного поступления возвратных вод в поверхностный и подземный сток – КДВ, промышленные, коммунально-бытовые и с/х стоки,
- точки управления водными ресурсами – гидроузлы (ГУ),
- точки водохозяйственной сети – узлы слияния и разделения,
- точки экологического и гидрологического мониторинга и контроля - гидропосты (гп), наблюдательные скважины (изучение режима подземных вод), включая посты исследования экологического риска (опасной экологической ситуации).

Их детализация для ЧАКСБ приводится в разделе 2.2.

### 2.1.2. Линейные объекты включают:

- отдельные реки и их участки, в том числе по типам взаимодействия с подземными водами (участки фильтрации, выклинивания), характером потерь и степени загрязнения воды, участки экологического риска (опасной экологической ситуации), охраны,
- каналы и их участки – оросительные, водные тракты ГЭС, сбросные (с участков каналов и электростанций в реки),
- водоводы – объекты водоснабжения системы “Водоканал”,
- коллектора и их участки, отводящие КДВ, промышленные, коммунально-бытовые и с/х стоки.

Их детализация для ЧАКСБ приводится в разделе 2.2.

### 2.1.3. Площадные объекты – контура, обозначающие:

- зону формирования стока (ЗФС) – ландшафты, характеризующиеся взаимоувязанными компонентами – характеристиками рельефа, климата, источниками водных ресурсов, растительностью (лесные массивы, пасбища), элементами сельскохозяйственного производства (богара), животноводства, экологическими характеристиками (районы охраны, эрозии и др.),
- месторождения подземных вод – контура их формирования, использования и загрязнения (сельскохозяйственного, носящего площадной характер и локального промышленными отходами),
- ирригационные системы, объединяющие речную, оросительную, возвратную сеть (КДВ, сточные воды) и зоны орошения в единый комплекс распределения водных ресурсов и водоотведения,
- зоны орошения – водопотребления и агропроизводства,
- зоны формирования КДВ, в увязке по границам с зонами орошения и ирригационными системами,
- мелиоративные зоны - территории с характерными почвенно-мелиоративными условиями, в увязке с зонами орошения,
- водные экосистемы - водохранилища, озера,
- особо охраняемые территории, заповедники, в увязке по границам с ЗФС,
- зоны рекреации, в увязке по границам с ЗФС,
- зоны экологического риска – опасной экологической ситуации, в увязке по границам с ЗФС, зонами орошения,
- климатические зоны, в увязке с ЗФС, зонами орошения.

Их детализация для ЧАКСБ приводится в разделе 2.2.

2.1.4. Данная схематизация является основой построения единиц моделирования и информационных единиц, их кодирования и математического описания. Увязка данных объектов определяет расчетные схемы информационных потоков, используемых при разработке интегрированной модели ЧАКСБ, смотрите рисунок - увязка объектов моделирования (принципиальная схема ПТС).

### 2.1.5. Пункты исследования объектов согласно графика работ RIVERTWIN

Тип объектов	Название объектов	Моделирование, БД, интерфейс	Сбор и анализ данных	
Точечные	Источники водных ресурсов	1.15, 1.9, 1.5, 1.12	2.7, 2.4	
	Источники подземных вод	1.16, 1.10, 1.5, 1.12	2.8, 2.4	
	Объекты водоснабжения	1.15, 1.19, 1.3, 1.12	2.3, 2.7, 2.4, 2.6	
	Объекты промышленности	1.15, 1.19, 1.3, 1.12	2.3, 2.7, 2.4, 2.6	
	ГЭС	1.17, 1.9, 1.12	1.17, 2.14	
	ТЭС	1.17, 1.19, 1.3, 1.12	2.14	
	Точки водовыделов в зоны орошения	1.15, 1.18, 1.7, 1.9, 1.12	2.7	
	Точки формирования возвратных вод	1.15, 1.18, 1.7, 1.9, 1.12	2.7, 2.4, 2.5, 2.6	
	Точки управления водными ресурсами	1.15, 1.9, 1.12	2.7, 2.10	
	Точки водохозяйственной сети	1.15, 1.9, 1.12	2.7	
	Точки мониторинга и контроля	1.15, 1.16, 1.20, 1.5, 1.9, 1.12	2.7, 2.4, 2.6	
	Линейные	Река, канал, водовод, коллектор, их участки	1.15, 1.9, 1.5, 1.12, 1.20	2.7, 2.4, 2.6
Площадные	Зона формирования стока	1.20, 1.12, 1.5	2.4, 2.6, 2.11	
	Месторождения подземных вод	1.16, 1.10, 1.12	2.8	
	Ирригационная система	1.15, 1.9, 1.12	2.7, 2.10	
	Зона орошения	1.18, 1.7, 1.10, 1.12	2.5, 2.6, 2.4, 2.6	
	Зоны формирования КДВ	1.16, 1.5, 1.12	2.7, 2.4, 2.6	
	Мелиоративные зоны	1.18, 1.7, 1.12	2.6.1	
	Водные экосистемы	1.15, 1.9, 1.20, 1.5, 1.12	2.7, 2.4, 2.6, 2.13	
	Зоны экологического риска, охраняемые зоны, рекреации	1.20, 1.5, 1.12	2.4, 2.6	
	Климатические зоны	1.15, 1.18, 1.11, 1.12	2.9	

Описание объектов ЧАКСБ по типам приводится ниже.

## 2.2. Выделяемые зоны ЧАКСБ

2.2.1. Климатические зоны определяются согласно пункта 2.9 графика работ RIVERTWIN.

2.2.2. Ирригационные системы ЧАКСБ:

- “Бозсу”,
- “Паркент-Карасу”,
- “Ахангаран”,
- “Келесский массив”

Первые две ирригационные системы (ИС) полностью вписываются в контуры территорий, где функционируют объекты одноименных управлений Чирчик-Ахангаранского управления ирригационных систем (республика Узбекистан).

ИС “Ахангаран” – часть территории управления ирригационных систем “Ахангаран-Дальверзин”, из которой исключена территория командования Дальверзинского канала, имеющего водозабор из реки Сырдарья.

ИС “Келесский массив” – территория Казахстана, орошаемая из каналов правобережья реки Чирчик – Большого Келесского магистрального канала (БКМК), каналов Эски Хоным, Зах, ВТК, СТК.

Ташкентский магистральный канал (эксплуатация которого осуществляется одноименным управлением) учитывается в моделях как линейный объект.

Ирригационные системы характеризуются параметрами водопользования и управления согласно пунктов 2.7, 2.10.

### 2.2.3. В составе ирригационных систем выделены следующие зоны орошения:

По ирригационной системе “Бозсу”:

- Кибрайская,
- Ташкентская,
- Зангиатинская,
- Янгиюльская,
- Чиназская.

По ирригационной системе “ Паркент-Карасу ”:

- Бостанликская,
- Паркентская,
- Верхне-Чирчикская,
- Средне-Чирчикская ,
- Нижне-Чирчикская,
- Аккурганская.

По ирригационной системе “ Ахангаран ”:

- Ахангаранская,
- Пскентская,
- Букинская,
- Бекабадская.

Бекабадская зона орошения охватывает часть территории Бекабадского района Ташкентской области, земли которого орошаются из Ташкентского канала.

Орошаемые зоны характеризуются в части управления стоком, водопользования и водосбережения согласно пунктов 2.7, 2.10, 2.12, 2.15, сельскохозяйственного использования земель – пункта 2.5, агроэкономики – пункта 2.6, почвенной характеристики – пункта 2.6.1, экологического обследования - пунктов 2.4, 2.6 графика работ RIVERTWIN.

### 2.2.4. Выделены две зоны формирования стока, прилегающие к одноименным зонам орошения:

- Бостанликская,
- Ахангаранская.

Зоны орошения исследуются согласно пунктов 2.4, 2.11, 2.15 графика работ RIVERTWIN в части: влияния динамики лесного покрытия на формирование стока, эрозионных процессов, паводков.

### 2.2.5. Выделяемые водные объекты и сопряженные с ними водные экосистемы:

- Существующие водохранилища – Чарвакское, Ходжикентское, Газалкентское, Ахангаранское, Туюбугузское (Ташкентское),
- Пскемское водохранилище (перспективный объект),
- Пруды – Чиназские рыбопитомники.

С точки зрения водного хозяйства и регулирования стока данные объекты описываются согласно пункта 2.7, экологии - пунктов 2.4, 2.6, экстремальных явлений (паводков) – пункта 2.11, рыбного хозяйства – пункта 2.13 графика работ RIVERTWIN.

**2.2.6.** По контурам подземных вод выделены Чирчикское и Ахангаранское месторождения, которые имеют свои особенности в зонах формирования и использования стока (зонах орошения). Описываются согласно пункту 2.8 графика работ RIVERTWIN.

**2.2.7.** Территории с характерными почвенно-мелиоративными условиями классифицируются и идентифицируются согласно пункту 2.6.1 графика работ RIVERTWIN.

**2.2.8.** Зоны экологического риска выделяются и описываются согласно пунктам 2.4 и 2.6 графика работ RIVERTWIN.

Все площадные объекты по группам и типам вносятся в соответствующие слои ГИС.

### **2.3. Выделяемые линейные объекты ЧАКСБ**

#### **2.3.1. Балансовые участки рек:**

- По Чирчику (от створа до створа): Чарвакская ГЭС – Ходжикентская ГЭС, Ходжикентская ГЭС - Газалкентская ГЭС, Газалкентская ГЭС – Газалкентский ГУ, Газалкентский ГУ - Верхнечирчикский ГУ, Верхнечирчикский ГУ - гп Чиназ,
- Река Пскем от створа Пскемской ГЭС до устья,
- По Ахангарану (от створа до створа): гп Ирташ – Ахангаранское вдхр, Ахангаранское вдхр – Шархиинский ГУ, Шархиинский ГУ - Туюбугузское вдхр, Туюбугузское вдхр – Ханский ГУ, Ханский ГУ - Аккурганский ГУ, Аккурганский ГУ – гп Солдатское,
- Река Келес от гп Янги-Базар до устья,
- Река Сырдарья от гп Надежденский до гп Кокбулак.

#### **2.3.2. Каналы:**

- По ирригационной системе “Бозсу” – Эски хоним, Зах, ВТК, СТК (до границы с Казахстаном), Бозсу, Салар, Калькауз.
- По ирригационной системе “Паркент-Карасу” - БКМК (до границы с Казахстаном), ВДК (до створа ниже сброса “Плоский щит”), Паркентский, Хандам, Левобережный Карасу, Ташканал (до реки Ахангаран), Туюбугузский правобережный канал (Унг Киргок), Моргуненкова (правый берег), РК-5..7 (водозаборы из Левобережного Карасу), РК-8,9 (водозаборы из Ханской плотины), РК-10 (водозабор из Аккурганского гидроузла).
- По ирригационной системе “Ахангаран” – Танаги Бука (водозабор с Шархиинского гидроузла), Ташканал (правый берег реки Ахангаран), Туюбугузский левобережный канал (Чап Киргок), Моргуненкова (левый берег).

- По ирригационной системе “Келесский массив” - Келесский (БКМК), Хоним, Зах, ВТК, СТК.

Речная и ирригационная сеть, а также система водообеспечения “Водоканал” описываются согласно пунктов 2.7 и 2.10 графика работ RIVERTWIN.

Реки суббассейна и основные каналы подлежат районированию по участкам в зависимости от степени антропогенной нагрузки, главным образом, по загрязнению водотока, выделяя:

- Группу фоновых водотоков, которые не подвержены антропогенному влиянию – реки и саи, протекающие по территориям заповедников, выше населенных пунктов и зон отдыха (Наувалисай, Пскем, Коксу, Чаткал, Акбулак, Акташ, Каракиясай, Кызылсу),
- Верхние участки рек Чирчик и Ахангаран, Угам и другие притоки – как водотоки с незначительным загрязнением (по классу чистые воды),
- Средние участки рек Чирчик и Ахангаран, участки каналов Салар и Карасу выше города Ташкент – водотоки с умеренным загрязнением,
- Участок реки Чирчик ниже города Янгиюль, нижний участок реки Ахангаран, участки каналов Салар и Карасу ниже города Ташкент – водотоки с высоким уровнем загрязнения.

Основные линейные объекты вносятся в соответствующие слои ГИС.

## **2.4. Выделяемые точечные объекты ЧАКСБ**

### **2.4.1. Источники поверхностных вод по гидропостам (гп) и агрегированно по участкам:**

- Приток к Чарвакскому водохранилищу по рекам: Пскем (гп Муллала), Чаткал (г/п Выше устья реки Худайдосай), Наувалысай (гп Сиджак), Коксу (гп Бурчмулла), Янгикурган (гп Янгикурган), Чимгансай (гп Чимган),
- Боковая приточность к Чирчику по рекам: а) на участке до Газалкентской плотины – Угам (гп Ходжикент), Кызылсу, Каранкульсай (гп Каранкуль), Аулиесусай, Чимбайлыксай, Гальвасай (гп Гальвасай), Каракиясай, б) на участке Газалкентская плотина-ВЧВУ – Акташсай, Аксакатасай, Базарсай, Шурабсай, Табаксай, Азатбашсай
- Чирчик – гп: Чарвакская ГЭС, Ходжикент, Газалкентская ГЭС, Газалкент, Верхнечирчикский гидроузел,
- Ахангаран – гп: Ирташ, верхние и нижние бьефы Ахангаранского и Тюябугузкого (Ташкентского) вдхр, Шахрия,
- Боковая приточность к Ахангарану: гп Ирташ – Ахангаранское вдхр, ниже Ахангаранского вдхр,
- Келес (гп Янги-Базар)
- Река Сырдарья: гп Надежденский, Чиназ-Сырдарья, Кокбулак;
- Боковая приточность к Сырдарье: сбросы по правому берегу - Ахангаран (гп Солдатское), Чирчик (гп Чиназ), Келес (устье).

Источники поверхностных вод и режимы рек (по гидропостам) описываются согласно пунктов 2.7, 2.4 графика работ RIVERTWIN.

#### 2.4.2. Выделяемые гидроузлы (ГУ), точки крупных водозаборов:

- На реке Чирчик – Газалкентский, Верхнечирчикский ГУ,
- На реке Ахангаран – Ханский, Шархиинский, Аккурганский ГУ,
- На Левобережном Карасу – водозаборы в каналы Хандам, Ташканал, РК-5..7, Ханская плотина (водозаборы в каналы РК-8, РК-9, Моргуненкова),
- На канале Бозсу – водозаборы в каналы Хоним, Зах, Салар, ВТК, СТК (Калькауз).

В зону орошения вода подается по сети каналов и непосредственно из рек и водохранилищ посредством ряда водовыделов, которые будут определены и описаны согласно пункта 2.7 графика работ RIVERTWIN.

#### 2.4.3. Выделяемые точки сбросов с каналов:

- Плоский щит (с ВДК в реку Чирчик),
- С Ташканала в Тюябугузское водохранилище,
- Саларский сброс (из канала Салар в реку Чирчик),
- Сброс Левобережного Карасу (сброс в реку Ахангаран),
- Сбросы РК-5...10 (из каналов РК-5...10 в реку Чирчик).

#### 2.4.4. Возвратный сток с зон орошения (КДВ) учитывается как агрегированные сбросы по коллекторам:

- В реку Чирчик,
- В каналы Левобережный Карасу, Бозсу,
- В реку Ахангаран,
- В реку Сырдарью (из примыкающих зон орошения – Бекабадской, Букинской, Аккурганской, Нижне-Чирчикской, Чиназской).

Сбросы с каналов и сбросы КДВ характеризуются по пропускной способности и режимам согласно пункта 2.7, по качеству воды – пунктов 2.4, 2.6 графика работ RIVERTWIN.

#### 2.4.5. ГЭС :

- Чирчикский каскад - Чарвакская, Ходжикентская, Газалкентская,
- Бозсуйский каскад.

#### 2.4.6. ТЭС : Новоангренская, Староангренская, Ташкентская ГРЭС.

Характеристики, режимы и энергетические требования к ГЭС и ТЭС описываются согласно пунктов 1.17, 1.19, 2.14 графика работ RIVERTWIN.

#### 2.4.7. Объекты водопотребления представлены как:

- Пункты системы водоводов “Водоканал”, забирающие воду, подающую воду в населенные пункты (города Ташкент, Чирчик, Янгиюль, Ангрэн, Алмалык, Ахангаран), водозаборы в другие населенные пункты суббассейна из каналов, саев и источников подземных вод,
- Объекты, отводящие и сбрасывающие коммунально-бытовые стоки.

**2.4.8.** Объекты промышленности представлены как основные источники потребления и загрязнения водных ресурсов (поверхностных, подземных), в точках сбросов промышленных стоков:

- Городов Ташкент и Янгиюль,
- Алмалыкского горно-металургического комбината,
- Чирчикского химкомбината,
- Чирчикского электрохимического комбината (коллектор Юмалак),
- Ангренского угольного разреза,
- Объектов горно-добывающей промышленности верхней зоны Чирчик-Ахангаранского бассейна.

Объекты водопотребления и промышленности будут описаны согласно пунктов 2.7, 2.3, 2.4, 2.6 графика работ RIVERTWIN.

Выделяемые точечные объекты вносятся в соответствующие слои ГИС.

### **3. Структура комплекса моделей**

**3.1.** При разработке структуры комплекса моделей ЧАКСБ был учтен опыт построения перспективных моделей развития стран бассейна Аральского моря и его отдельных областей – зон планирования, в увязке с ограничениями и требованиями, в том числе экологическими, всего региона (ASBMM).

Поставлена задача адаптации и применения методов интегрированного управления (на основе которых и был создан комплекс ASBMM) к условиям и особенностям ЧАКСБ, адаптации части региональной базы данных (подготовка информационного обеспечения) и использования для моделей оптимизационные солверы системы GAMS.

С другой стороны, детальное моделирование ЧАКСБ (как пионерного объекта) позволит распространить по всему бассейну Аральского моря, прежде всего, подходы к оценке и прогнозированию (с помощью моделей) экологической обстановки, как по отдельным экосистемам, так и по бассейну в целом.

Необходимо увязать ЧАКСБ с бассейном Сырдарьи по режимам управления и экологическим ограничениям, поскольку влияние суббассейна в части подачи воды в низовья (Чардаринское водохранилище) значительно и может повлиять положительно (или отрицательно) на водообеспеченность, потери и качество речного стока.

**3.2.** Функционирование и развитие ПТС ЧАКСБ (Рис. 2) описывается с помощью следующих блоков и моделей:

- Гидрологической модели (ГМ), включая блок поверхностных вод (БПВ) и гидроэнергетический блок (ГЭБ),
- Гидрогеологической модели (ГГМ),
- Модели зоны орошения (МЗО),
- Экологической модели (ЭМ), включая блок зоны формирования стока (БФС),
- Социально-экономической модели (СЭМ), включая энергетический блок (ЭБ).

Данный комплекс моделей увязывается с БД и ГИС (смотрите требования к базе данных и географической информационной системе) посредством интерфейса в единую **интегрированную модель**.

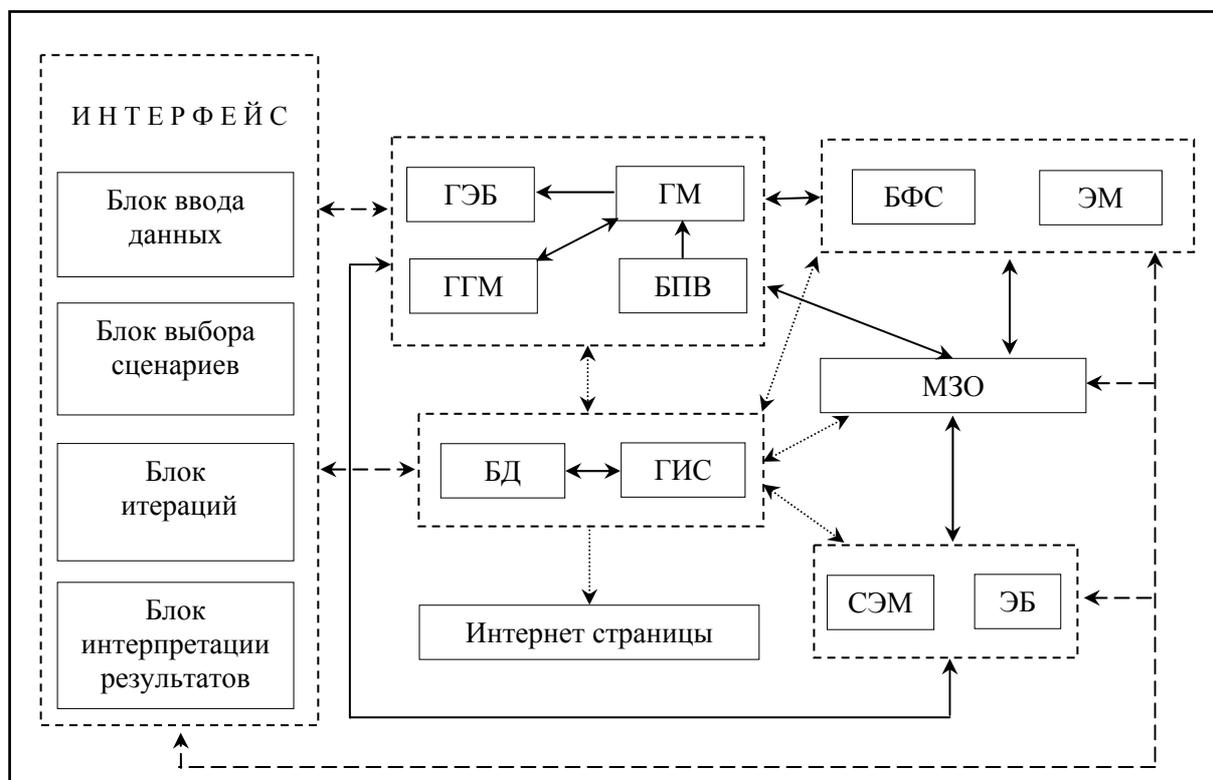


Рис. 2 Блок – схема интегрированной модели ЧАКСБ

**3.3.** Основными составляющими интерфейса, как программного средства, обеспечивающего данными интегрированную модель, увязывающего отдельные модели и блоки, обрабатывающего и выдающего расчетную информацию моделей (с определенным уровнем доступа) являются следующие блоки:

- обработки первичных данных и трансляции данных из БД,
- выбора сценариев,
- обмена данными между моделями,
- итераций и запуска моделей (вычислений),
- обработки расчетных данных (выходы из моделей) и интерпретации полученных результатов.

**3.4.** Блок обработки первичных данных интерфейса непосредственно связан с отдельными блоками БД, ГИС, каждой моделью и их блоками.

**3.5.** Блок обработки расчетных данных и интерпретации полученных результатов интерфейса связан с каждой моделью и их блоками, с ГИС, БД (архив) и программой визуализации данных через Интернет.

**3.6.** Связь между моделями, их блоками, блоками БД и интерфейса

Пункт	Модель, блок	Связь с другими моделями, блоками
1.15	ГМ, БПВ, ГЭБ	ГГМ, МЗО, ЭМ, БФС, СЭМ, ЭБ, блок поверхностных

		вод, климатический, энергетический блоки БД, блоки выбора сценариев, ввода данных, итераций и интерпретации результатов интерфейса.
1.16	ГГМ	ГМ, МЗО, ЭМ, СЭМ, блок подземных вод БД, блоки выбора сценариев, ввода данных, итераций и интерпретации результатов интерфейса.
1.18	МЗО	ГМ, ГГМ, СЭМ, ЭМ, блок аграрного производства, климатический блок БД, блоки выбора сценариев, ввода данных, итераций и интерпретации результатов интерфейса.
1.20, 1.12	ЭМ, БФС	МЗО, ГМ, ГГМ, СЭМ, экологический блок БД, блоки выбора сценариев, ввода данных, итераций и интерпретации результатов интерфейса.
1.19	СЭМ, ЭБ	МЗО, ГМ, ГГМ, ЭМ, социально-экономический, энергетический блоки БД, блоки выбора сценариев, ввода данных, итераций и интерпретации результатов интерфейса.

**3.7.** Гидрологическая модель (ГМ) описывает на перспективу (50 лет, с шагом месяц) существующие в ЧАКСБ процессы, особенности, тенденции формирования и распределения поверхностных водных ресурсов между потребителями и пользователями воды (согласно выделенных единиц планирования), в увязке с подземными водами, критериями регулирования стока, с учетом экологических требований и ограничений на границе сброса в реку Сырдарью.

ГМ настраивается на проигрывание в имитационном и оптимизационном режимах различных сценариев развития суббассейна и отдельных его зон, работу ГЭС, в сравнении требований на воду с располагаемыми к использованию водными ресурсами, с выходами по режимам и балансам рек, водохранилищ.

ГМ (основной расчетный блок) имеет связь с гидроэнергетическим блоком (расчет производства электроэнергии в сравнении с требуемым количеством), экологической моделью (качество воды в реках и водохранилищах, характеристики зоны формирования стока), с моделью зоны орошения (требуемая и расчетная подача воды из речной сети в зоны орошения, возвратный сток), с блоком выбора сценариев и критериев регулирования стока водохранилищами (энергетические, ирригационно-энергетические), ввода ограничений (экологических, технических), с блоком интерпретации полученных результатов. Система моделирования - GAMS.

В рамках работ по разработке ГМ исследуются многолетние гидрологические ряды естественного стока рек, их цикличность, в части их использования для прогнозных расчетов, с учетом возможных климатических изменений, а также проводятся исследования по уточнению ограничений, увязывающих ЧАКСБ с бассейном реки Сырдарья в целом.

Важной частью моделирования является анализ непродуктивных сбросов и потерь стока, которые могут иметь место, когда управление осуществляется без взаимосвязи Чирчикского и Ахангаранского бассейнов, без учета конкретной водности и ситуации по бассейну Сырдарья в целом.

Модель ориентирована на варианты расчеты, позволяющие разработать для практического пользования (Чирчик-Ахангаранское бассейновое управление ирригационных систем, БВО "Сырдарья") правила регулирования и эффективного использования водных ресурсов в суббассейне, учитывающие интересы всех

потребителей и пользователей воды, экологические ограничения по режимам и допустимым воздействиям на экосистемы.

Моделируемая система представляет из себя стволы основных рек (Чирчик, Ахангаран и их притоки), разбитые на балансовые участки, с расположенными на них водохранилищами, ГЭС, присоединёнными источниками вод (поверхностными, подземными), зонами орошения (объединёнными в ирригационные системы), точками (узлами) водопотребления (населенные пункты, промышленные центры, ГЭС), формирования сточных вод, которые взаимосвязаны по каналам, коллекторам, водозаборам и сбросам.

Метод представления моделируемой системы управления водными ресурсами - метод графов, согласно которого водохозяйственная сеть разбивается на объекты, расчетные участки и створы (согласно установленным единицам планирования), которые в алгоритме имитируются сетью дуг-узлов. Для каждого узла решаются уравнения сохранения количества воды и соли (соль рассматривается как консервативная примесь).

Входная информация ГМ:

- Данные из блока поверхностных вод БД (перечень и источники информации приводятся в разделах 4.6, 4.14, и частично - 4.13 данного отчета)
- Данные из МЗО, ГГМ, ЭМ, энергетического блока СЭМ, блока выбора сценариев, блока поверхностных вод (раздел 3.12.1 отчета),
- Данные внутренней базы данных ГМ – морфология, функции потерь, пропускная способность сооружений, батиметрические кривые водохранилищ (уровень-площадь-объем).

Выходная информация ГМ:

- Трансляция данных в МЗО, ГГМ, ЭМ, гидроэнергетический блок, СЭМ (раздел 3.12.1 отчета),
- Трансляция данных в блок интерпретации результатов – расходы и минерализация воды по основным постом речной сети, ирригационным системам (прогноз по сценариям), режимы работы водохранилищ (приток, попуски, уровень воды, объем воды, потери), водно-солевые балансы по участкам рек, основных каналов, ирригационных систем, трансграничные перетоки (Казахстан, Сырдарья).

ГМ имеет блоки:

- Гидроэнергетический блок (ГЭБ) – предназначен для гидроэнергетических расчетов по каскадам Чирчик-Бозсуйских ГЭС.
- Блок поверхностных вод (БПВ) – предназначен для моделирования гидрографов поверхностного стока в зависимости от принятых сценариев климатических изменений и изменений зон формирования стока (лесной покров).

Входная информация ГЭБ:

- Данные из энергетического подблока блока поверхностных вод базы данных (раздел 4.6, частично – 4.13 отчета)
- Данные из ГМ, энергетического блока СЭМ, блока выбора сценариев (раздел 3.12.1 отчета),
- Данные внутренней базы данных – технические параметры ГЭС.

Выходная информация ГЭБ:

- Трансляция данных в энергетический блок социально-экономической модели (раздел 3.12.1 отчета),

- Трансляция данных в блок интерпретации результатов – режимы работы ГЭС, выработка электроэнергии, оценка дефицитов электроэнергии, доходы, затраты (прогноз по сценариям).

Входная информация БПВ:

- Данные из блоков поверхностных вод и климатического блока базы данных (разделы 4.6, 4.11, 4.14 и частично – 4.13 отчета)
- Данные из блока формирования стока, блока выбора сценария (раздел 3.12.1 отчета).

Выходная информация БПВ:

- Трансляция данных в ГМ (раздел 3.12.1 отчета).

**3.8.** При разработке гидрогеологической модели (ГГМ) на первоначальном этапе выявляются основные (базовые) факторы, оказывающие прямое воздействие на режим подземных вод, постоянно и временно действующие (природная, ирригационная, промышленная группа и другие), далее – устанавливаются закономерности формирования многолетнего режима грунтовых вод, а также закономерности сезонной изменчивости подземного стока и его связи с поверхностным стоком.

ГГМ предполагает наличие возможной взаимосвязи поверхностных и подземных вод на отдельных участках суббассейна и определенную направленность режима грунтовых вод при прогнозировании, в частности - оценку расходования грунтовых вод и составление водного баланса грунтовых вод по отдельным характерным зонам суббассейна (имеющим экологические особенности и риски загрязнения).

Основа модели - существующая структура источников и потребителей подземных вод суббассейна.

Суббассейн характеризуется хорошей естественной дренированностью, близким залеганием пресных грунтовых вод, развитой коллекторной и сбросной сетью. Прослеживается динамика колебаний грунтовых вод в разрезе лет и сезонов, с некоторой корреляцией к водности и режимам поверхностных вод, имеются особенности режимов грунтовых вод в верхних и нижних террасах (ярусах) бассейна, с изменением высоты местности.

На отдельных участках - исследование эффективности комбинированного использования подземных и поверхностных вод.

Входная информация ГГМ:

- Данные из блока подземных вод (раздел 4.8 отчета)
- Данные из ГМ, СЭМ, ЭМ (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),
- Данные внутренней базы данных – структура источников и месторождений подземных вод.

Выходная информация ГГМ:

- Трансляция данных в ГМ, МЗО, СЭМ, ЭМ (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),
- Трансляция данных в блок интерпретации результатов – динамика водопотребления из подземных источников (прогноз).

Работы по увязке ГГМ и ГМ включают:

- Типизацию природной водности рек в границах «маловодье-многоводность», в традиционной гидрологической оценке обеспеченности, изучение и моделирование хода изменения природной водности стока рек на их выходе из горной области на

равнину, исследование цикличности природной водности реки методом «скользящих лет» и установление синхронности по годам и сезонам изменения природной водности рек,

- Установление связи между русловым природным стоком рек на входе в долину и «трансформированным» экономической деятельностью русловых стоков,
- Установление связей по взаимобмену между рекой и подземными горизонтами (фильтрационные потери из рек, выклинивание подземных вод в реки),
- Использование перечисленных связей для оценки величины ресурсов и запасов подземных вод месторождений суббассейна.

**3.9. Модель зоны орошения (МЗО).** В качестве базовой единицы моделирования в проекте принимается «Зона орошения», включающая в себя все элементы инфраструктуры водохозяйственного региона – население, водные и земельные ресурсы, энергетика, сельскохозяйственное и промышленное производство, оросительные и коллекторно-дренажные сети и экологическое состояние окружающей среды.

МЗО предполагает моделирование сложившейся ситуации и ее прогнозирование в рамках отдельных контуров планирования и суббассейна в целом в части: орошаемого земледелия, использования богарных земель, аграрного производства (растениеводства) и связанных с ним сопряженных производств, агроклиматологии (климат как фактор сельхозпроизводства), агроэкономики и др..

Государство, как главный менеджер, управляет развитием зон орошения (ЗО) через механизмы распределения финансовых и водных ресурсов. Обратное влияние ЗО на Государство проявляется через объемы сельскохозяйственной продукции, социально-экономические условия населения, проживающее в сельской местности и объемы ненарушенного и возвратного стока. Следует сразу отметить, что совокупность сельскохозяйственной продукции всех ЗО не полностью покрывает так называемую «потребительскую корзину», которая дополнительно включает продукты импорта. Кроме этого, моделируемый чистый доход ЗО, является лишь частью национального дохода, получаемого с рассматриваемой территории, поскольку в нем не участвует доля промышленности и обслуживания. Несмотря на отмеченные ограничения, исследования развития совокупности ЗО сохраняют свою важность, как по причинам выбора оптимального распределения инвестиций в сельское хозяйство, так и по причинам оценки изменений гидрологических и экологических характеристик региона в целом.

**3.9.1. Элементы зоны орошения (ЗО).** *Зона орошения* является географической единицей в пределах гидрографического бассейна с единством систем питания и геоморфологического строения ландшафта. Одна Зона орошения обязательно расположена в пределах (административных границах) одного района, но один район может быть разделен на несколько Зон орошения.

*Валовой доход ЗО* определяется как часть полного дохода данной территории, сформированного по результатам сельскохозяйственной деятельности, выраженного в экономических и финансовых ценах.

*Технологический ресурс ЗО* рассматривается лишь в части сельскохозяйственной деятельности и определяется через стоимость комплексного развития орошаемой территории (оросительные и коллекторно-дренажные системы).

*Водный ресурс ЗО* определяется как совокупность всех источников водных ресурсов естественного и искусственного происхождения, расположенных в контуре

рассматриваемой территории. Водные ресурсы, формирующиеся внутри ЗО, называются местными, водные ресурсы, получаемые ЗО из трансграничных источников, – трансграничными, обработанные ЗО сельскохозяйственные водные ресурсы – коллекторно-дренажным стоком.

Вся территория ЗО разделяется на две, различные по технологическим показателям, составляющие:

- *Освоенная территория* – территория, используемая для сельскохозяйственного производства, располагающая технологическим ресурсом, на которой формируется основная доля валового дохода и возвратного стока.
- *Неосвоенная территория* – территория, которая не располагает технологическим ресурсом, но участвует в формировании ненарушенного водного стока.

С точки зрения водохозяйственного региона ЗО рассматривается, как рассредоточенный объект, потребляющий некоторый объем водных ресурсов, с дальнейшим внутренним перераспределением последних в пространстве и во времени, и с изменением их качества.

Управление ЗО осуществляется через объемы инвестиций и затрат, направляемых на поддержание, реконструкцию и развитие ее элементов, а также через объемы подаваемых трансграничных и местных водных ресурсов.

В сельскохозяйственном разрезе ЗО состоит из освоенной и неосвоенной территорий. Освоенная территория состоит из контуров орошения, характеризующихся набором физико-химических показателей, отражающих плодородие и экологию почвы, и набором технико-экономических параметров, соответствующих сельскохозяйственным культурам, оросительным и коллекторно-дренажным системам, на текущий момент времени. Неосвоенная территория состоит из природных экосистем.

Изменение объема и качества водных ресурсов имеет прямое влияние на объемы сельскохозяйственной продукции через водообеспеченность посевов и косвенное влияние, через изменение мелиоративного состояния почв за счет изменения их засоленности, поэтому моделированию подлежат обе составляющие водных ресурсов – объем и качество.

Изменение состояния элементов ЗО соответствует динамике развития и старения ирригационных и коллекторно-дренажных систем и бонитета почв.

Внутренняя структура ЗО представляется упорядоченным набором посевных контуров для освоенной территории и контуров природных экосистем на неосвоенных территориях, увязанных естественными и искусственными водотоками. В свою очередь, каждый элемент характеризуется собственным набором переменных и функций, отражающих его пространственные, технологические и биологические свойства.

Для описания функционирования ЗО принят следующий набор объектов.

*Посевной контур* - часть поверхности Зоны орошения, используемая под выращивание сельскохозяйственных культур, однородная по типу почв, оросительных и коллекторно-дренажных систем. В ЗО может быть один или несколько посевных контуров. Посевной контур может иметь несколько точек входа оросительных систем, часть которых использует местные водные ресурсы, а часть – трансграничные. Посевной контур характеризуется параметрами площади *поверхности*, параметрами *сельскохозяйственных культур* и параметрами *оросительных и коллекторно-дренажных систем*.

*Оросительная система* - система, обеспечивающая подачу водных ресурсов в зону орошения в требуемом объеме и в заданные промежутки времени. Оросительная система характеризуется площадью подкомандных земель, максимальной пропускной способностью, коэффициентами полезного действия (к.п.д.), стоимостью основных фондов, а также стоимостью эксплуатационных затрат. Функциями реконструкции и развития в зависимости от объема инвестиций.

*Коллекторно-дренажная система* - система, поддерживающая требуемый баланс солей и необходимый уровень грунтовых вод на территории ЗО, и отводящая избытки воды через коллекторно-дренажную сеть в реку, замкнутые водоемы или обратно в оросительные системы для повторного использования. Дренажная система характеризуется следующими параметрами: дренажным модулем, площадью дренирования, глубиной заложения дренажа, стоимостью основных фондов, стоимостью эксплуатационных затрат и функциями реконструкции и развития в зависимости от времени и фактического объема затрат и инвестиций.

*Сельскохозяйственная культура* - культура, выращиваемая в рассматриваемой ЗО, характеризуется следующими параметрами: суммарной площадью, на которой выращивается данная культура, удельным значением продуктивности на единицу площади и стоимостью единицы данной продукции, включая дополнительную стоимость от вторичной переработки. Кроме этого каждая сельскохозяйственная культура характеризуется пятью функциями: эвапотранспирации, удельного объема водных ресурсов и удельного объема финансовых затрат, необходимых для производства данной культуры в рассматриваемой ЗО, и стрессовыми функциями, отражающими снижение урожайности от недостатка водных ресурсов и фактического уровня сельскохозяйственного производства.

*Контур неосвоенной территории* - часть поверхности ЗО, обеспечивающая формирование ненарушенного гидрологического стока при различных климатических условиях, стохастическая составляющая. Характеризуется объемом и интенсивностью поверхностного стока.

**3.9.2** Выполнение проекта опирается на принципы нисходящего проектирования сложных иерархических объектов и системный анализ. Формализация зоны орошения выполняется исходя из представления всех территорий в виде ориентированного графа  $G(J,I)$ , где  $J=\{0,1, \dots ,j\}$  – множество вершин соответствующих освоенным и неосвоенным территориям, а  $I=\{0,1, \dots ,i\}$  – множество дуг, отражающих потоки – водных и технико-экономических ресурсов. Динамика каждой вершины описывается конечным автоматом с четверкой векторов,  $[Y(t), X(t), Z(t), Z(t-1)]_j$ , которые следует понимать как: территория с индексом “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  $X_{k,j}(t)$  имеет двух компонентную структуру  $\{W,C\}_{k,j}$  и может формироваться, как внутри Зоны орошения ( $k \in \{J\}$ ), так и на границе ( $k \notin \{J\}$ ), последнее описывает либо сопряжение смежных Зон орошения, либо целевое управление Зоной орошения с уровня Государства, здесь:  $W(t)$  – вектор

водных ресурсов,  $S(t)$  – вектор инвестиций и затрат. Выходной сигнал  $Y_j(t)$  имеет четырех компонентную структуру  $\{V, W, N, P\}_{kj}$ , где:  $V(t)$  – объемы сельскохозяйственной продукции в разрезе выращиваемых культур, вектор,  $W(t)$  – вектор возвратного стока,  $N(t)$  – чистый доход от сельскохозяйственного производства, скаляр,  $P(t)$  – вектор показателей эффективности использования воды на орошаемых площадях. Состояние вершины  $Z(t)$  описывается набором функций, отражающих плотность распределения значений соответствующего параметра по площади поверхности территории, функциями нечетких отношений. Таким образом, *состояние* вершины  $Z(t)$  определяется значениями функций распределения на текущий момент времени, а под *траекторией* вершины  $Z(t)$  понимается изменение этих функций распределения во времени. Компоновка *Зоны орошения* начинается с GIS-выделения освоенных и неосвоенных территорий с последующим сбором и анализом данных по демографическим, социальным, экономическим, технологическим и гидрологическим показателям объекта исследования. Эти данные отражают динамику развития региона в ретроспективе. Путем численного моделирования выполняются исследования развития региона в перспективе для различных социологических и экономических сценариев. Полевые исследования проводятся только для ревизии и проверки данных, получаемых путем численного моделирования.

### 3.9.3. Входная информация МЗО:

- Данные из блоков поверхностного стока, аграрного производства и климатического блока базы данных (разделы 4.9, 4.11, частично – 4.13 отчета),
- Данные из гидрологической модели (ГМ), гидрогеологической (ГГМ), экологической (ЭМ), социально-экологической (СЭМ), блока выбора сценариев (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),
- Данные внутренней БД – технические параметры ирригационной распределительной и дренажной сети.

### 3.9.4. Выходная информация МЗО:

- Трансляция данных в ГМ, ЭМ (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),
- Трансляция данных в блок интерпретации результатов расчета – степень удовлетворения потребностей воды в орошаемом земледелии по зонам орошения (ЗО), потери воды в ЗО, водоподача, водопотребление и водоотведение в ЗО, структура и объемы сельхозпродукции на орошаемых землях и богаре по ЗО, динамика продуктивности орошаемого земледелия, водный и солевой балансы орошаемых территорий ЗО (прогноз по сценариям).

**3.10.** Социально-экономическая модель (СЭМ) – ориентирована на представление суммарных показателей в целом по суббассейну и по каждой зоне орошения, крупным объектам энергетике, водоснабжения и промышленности, оценку водообеспеченности и развития водного хозяйства и связанных с ним секторов экономики, в первую очередь, орошаемого земледелия.

### 3.10.1 Основные требования к СЭМ:

- Динамика демографического роста,
- Динамика производства по отдельным отраслям,
- Динамика ВВП по отраслям и в целом по суббассейну,
- Потребность в продуктах питания,
- Распределение инвестиции по ЗО и отраслям.

СЭМ суммирует и описывает в пределах суббассейна (по набору сценариев, мероприятий, правил управления, ограничений, макро-показателей и критериев) процессы развития орошаемого земледелия, использования богарных земель, агропроизводства, животноводства и птицеводства, промышленности и энергетики, коммунального хозяйства, рыбного и лесного хозяйства, сельхозводоснабжения и рекреации.

СЭМ объединяет в пределах суббассейна источники водных ресурсов (поверхностные, подземные, возвратные), энергетические ресурсы, потребителей и пользователей воды и энергии по современным и перспективным балансам.

Модель позволяет оценивать (посредством взаимосвязи с другими моделями) сценарии социально-экономического развития и экологической стабилизации, последствия и риски влияния дестабилизирующих факторов (численность населения, климат и др.) на экономику суббассейна.

### 3.10.2 Особое внимание в СЭМ уделяется блокам:

- Капвложений,
- Экспорта-импорта.

#### Блок «капвложений финансовых ресурсов»:

- динамика вложений государства и финансовых международных органов в водосбережении, развитии орошения, водного хозяйства и окружающей среды;
- возможность привлечения дополнительных капвложений;
- собственные ресурсы водного сектора, сформированные за счет платы за воду и загрязнения;
- собственные ресурсы муниципалитетов и орошаемого земледелия (формируются по данным ЗО в зависимости от их доходности);
- доходы сопряженных отраслей с сельским хозяйством.

#### Блок «экспорт-импорт» по продуктам питания и переработки водного сектора:

- хлопок, сельскохозяйственное сырье и его вторичные продукты;
- продукты питания.

### 3.10.3. СЭМ - экономико-математическая модель, построенная в системе GAMS, имеющая выход к системе ASBMM и взаимосвязь со всеми моделями суббассейна.

Итерация с гидрологической моделью - в зависимости от решений принятых в ГМ будут изменяться объёмы ВВП, объёмы производства в отраслях, потребляющих воду, затраты на компенсацию тех или иных ущербов. В ГМ (энергетический блок блок) из СЭМ передаются прогнозные цены на электроэнергию, требования на выработку (тепловые станции, гидроэлектростанции), обратно - объёмы произведенной электроэнергии.

Основная информация из экологической модели – наличие чистой воды.

Итерация с моделью зоны орошения (МЗО). Из МЗО в СЭМ:

- производство продуктов питания и экспортных товаров,
- водообеспеченность несельскохозяйственных отраслей (промышленность, коммунальное хозяйство, рыбоводство, рекреация).
- Наличие орошаемых и богарных земель.
- Средние показатели урожайности, водопотребления.

Из МЗО в МЗО:

- Распределение между зонами орошения капвложений и финансовых ресурсов,
- Прогноз цен на основные культуры и на продукцию вторичного производства,

- Прогноз реальной закупочной цены на продукцию растениеводства.

#### **3.10.4. Входная информация СЭМ:**

- Данные из социально-экономического блока, блока аграрного производства и климатического блока базы данных (раздел 4.10, 4.9, 4.11 и частично – 4.13 отчета),
- Данные из МЗО, ЭМ, ГМ, ГГМ, энергетического блока СЭМ и блока выбора сценариев (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета).

#### Основные исходные данные

- население, его структура, городское и сельское, степень занятости, в т.ч. по секторам; темпы роста, существующие и их изменение;
- Динамика ВВП, ВВП по секторам экономики (особо сельское хозяйство);
- общая структура производства, в т.ч. по секторам в динамике; в денежном выражении;
- особый упор на сельское хозяйство, в т.ч. по секторам (земледелие орошаемое и богарное; животноводство; рыбоводство - в объемах продукции и в физическом выражении);
- потребность суббассейна в продуктах питания, степень удовлетворения, в т.ч. за счет своих ресурсов и за счет импорта;
- распределение национального дохода по отраслям и по зонам;
- баланс энергетических потребностей и удовлетворения;
- объемы сопряженных с сельским хозяйством отраслей и их доходность.

#### **3.10.5. Выходная информация СЭМ:**

- Трансляция данных в МЗО, ГГМ (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),
- Трансляция данных в блок интерпретации результатов – динамика населения, изменение структуры производства, общие водные ресурсы – располагаемые, требуемые, динамика водообеспеченности (орошение, водоснабжение населенных пунктов, теплоэнергетики, рыбного хозяйства), удовлетворение энергетических потребностей, удовлетворение продуктами питания, изменение национального дохода, занятости, развитие рекреации.

#### Основные выходы из модели СЭМ

- Основные социально-экономические показатели (численность населения, темп роста населения, ВВП, темп роста ВВП, ВВП на душу населения, орошаемые земли, орошаемые земли на душу населения, и тд).
- Распределение между зонами орошения и административными районами капвложений и финансовых ресурсов;
- степень удовлетворения в продуктах питания;
- степень удовлетворения потребления в водоснабжении и санитарии;
- изменение степени занятости;
- потребный импорт сельхозпродуктов;
- возможный экспорт сельхозпродуктов и электроэнергии.

**3.10.6 Энергетический блок (ЭБ) в составе СЭМ** позволяет рассчитывать ряд показателей и сводит энергетический баланс суббассейна по требуемой и вырабатываемой электроэнергии, в увязке с информацией, поступающей из гидроэнергетического блока (ГЭБ) гидрологической модели по выработке электроэнергии на ГЭС. Входная информация ЭБ:

- Данные из энергетического подблока социально-экономического блока базы данных (раздел 4.10 отчета),
- Данные из гидроэнергетического блока ГМ, блока выбора сценариев (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),

Выходная информация ЭБ:

- Трансляция данных в СЭМ, ГМ, гидроэнергетический блок ГМ (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),
- Трансляция данных в блок интерпретации результатов расчета – энергетический баланс (требуемая выработка и расчетная на перспективу, в зависимости от выбранных сценариев развития энергетики).

**3.11.** При разработке экологической модели (ЭМ) основное внимание уделяется выявлению и количественной оценке тем условиям и факторам формирования и развития экосистем, которые являются определяющими (лимитирующими), поскольку учесть всю совокупность факторов невозможно. Основное внимание - экологически уязвимым участкам и зонам суббассейна, с оценкой допустимых воздействий и прогнозированием их изменения. Прослеживание динамики экологических показателей осуществляется во времени и пространстве, по контрольным спискам и анализу совмещения карт (на основе ГИС-технологий). При одинаковом экологическом эффекте оценка альтернативных сценариев определяется эффективностью по выходным параметрам других моделей, главным образом, социально-экономической и гидрологической.

Главная цель экологической модели – проследить возможные последствия в изменениях экосистем (реки, водохранилища, ландшафты) при развитии суббассейна по тому или иному сценарию; прикладное значение – разработка рекомендаций по управлению воздействиями на экосистемы суббассейна.

Помимо крупных объектов, экологическая модель прослеживает изменения экосистем малых рек, поскольку они не менее чувствительны к негативным воздействиям и их легче вывести из экологического равновесия (позволяющего возвращаться к прежнему состоянию по экологическим параметрам среднесрочных значений), чем крупные объекты.

Совместно с гидрогеологической моделью возможно прослеживание негативных тенденций в загрязнении подземных вод в местах водоснабжения (по выявленным зонам экологического риска); совместно с гидрологической моделью – перспектив обеспечения человека и природы водой требуемого качества, количества и необходимой биологической продуктивности, исследование вопросов поддержания или создания оптимальных условий для функционирования водоемов и водотоков. Так например, посредством ГМ можно управлять внешним водообменом и проточностью водохранилищ (что важно особенно для маловодных лет), обеспечивать минимально необходимые экологические расходы по рекам, соблюдать экологически безопасные уровни и интенсивность сработки водохранилищ и так далее; совместно с социально-экономической моделью - экономическая оценка негативных последствий антропогенного воздействия на экосистемы.

Экологическая модель усиливается разработками зарубежных партнеров по качеству воды (Ганолиз Ж.), биологической продукции и рыбоводству (Матиас Шнедер), эрозии (Франк Мишеоь Ланге).

Входная информация экологической модели:

- Данные экологического блока базы данных (раздел 4.7, частично – 4.13 отчета),

- Данные из ГМ, МЗО, ГГМ, блока формирования стока, блока выбора сценариев (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),

Выходная информация ЭМ:

- Трансляция данных в ГМ, МЗО, ГГМ (разделы 3.12.1, 3.12.2 отчета),
- Трансляция данных в блок интерпретации результатов расчета – динамика качества воды (ретро, прогноз) по основным водным объектам – источникам, распределительной сети, объемы и качество сточных вод, КДВ, в отдельных зонах загрязнения подземных вод, динамика рыбопродуктивности, показатели экологической устойчивости, факторы, оказывающие негативное воздействие на экологическую обстановку суббассейна в целом.

В составе экологической модели функционирует блок формирования стока (БФС), обрабатывающий ГИС-информацию о динамике зоны формирования стока, где помимо факторов непосредственно влияющих на формирование стока (лесные массивы), прослеживается динамика площадей эрозии, экосистем.

Входная информация БФС:

- Данные из блока поверхностных вод, климатического и экологического блоков базы данных (разделы 4.6, 4.11, 4.7 отчета),
- Данные из географической информационной системы – слои ГИС лесных массивов, выделенных из других слоев растительности, с оцифровкой границ и расчетом площади, динамика площадей (покрытий) водной эрозии и другие.

Выходная информация БФС:

- Трансляция данных в блок поверхностных вод ГМ, ЭМ (разделы 3.12.1, 3.12. отчета),
- Трансляция данных в блок интерпретации результатов расчетов – площади лесных массивов, эрозии, риска прохождения паводков, охраняемых зон и рекреации, в динамике (ретроспектива, прогноз), в том числе в сравнении (отношении) к площади ЗФС.

Оценка состояния экосистем включает:

- Оценку экологического состояния гидроэкосистем зоны формирования и рассеивания стока, выбор критериев и показателей экологической устойчивости водных объектов,
- Оценку состояния природных геосистем горной, предгорной и равнинной зон бассейна – состояния почвенного покрова и биоразнообразия, выбор критериев и показателей экологической устойчивости природных геосистем,
- Оценку состояния агроландшафтов – орошаемое земледелие, водохозяйственный комплекс, выбор критериев и показателей экологической устойчивости агроландшафтов.

Оценка антропогенной нагрузки на природные экосистемы охватывает зону формирования (горная и предгорная зоны) и рассеивания стока (среднее и нижнее течения рек, равнинная зона) и включает:

- Оценку воздействия промышленных и коммунально-бытовых предприятий на экологическое состояние водных ресурсов (поверхностных и подземных),
- Оценку воздействия орошаемого земледелия и животноводства на экологическое состояние водных ресурсов,

- Оценку воздействия рыбохозяйственного комплекса на экологическое состояние водных ресурсов,
- Оценку народонаселения на экологическую обстановку в суббассейне.

### 3.12. Информационный обмен между моделями, моделями, их блоками и блоками интерфейса (основные потоки)

#### 3.12.1 Связь гидрологической модели (ГМ):

- С моделью зоны орошения (МЗО):  
МЗО → ГМ:
  - Требуемое водопотребление в зону орошения по водозабору из поверхностных источников (на период прогноза),
  - Расчетные значения сбросов КДВ из зоны орошения в реки, отвод в соседние зоны орошения, повторного использования КДВ в зонах орошения (объем воды, соленость) – прогноз на перспективу,
  - Расчетные значения использования подземных вод (скважины, родники) в зонах орошения для нужд орошаемого земледелия, сельхозводоснабжения (объем воды, соленость) – прогноз на отдаленную перспективу.
 ГМ → МЗО:
  - Расчетная водоподача в зоны орошения по системе каналов - объем воды, соленость (прогноз на отдаленную перспективу).
- С гидрогеологической моделью (ГГМ):  
ГГМ → ГМ:
  - Фильтрационные потери из рек и крупных магистральных каналов, с разбивкой по ИС (прогноз на отдаленную перспективу, в увязке с водностью суббассейна).
 ГМ → ГГМ:
  - Выклинивание подземных вод на отдельных участках рек и каналов – объем, минерализация воды (прогноз на отдаленную перспективу, в увязке с водностью суббассейна),
  - Водозабор из подземных вод на водоснабжение в рамках выделенных объектов водоснабжения и промышленности – ретроспектива и прогноз (объем воды, минерализация).
- С экологической моделью (ЭМ):  
ЭМ → ГМ:
  - Экологические требования к водным объектам (попуски на участках рек, наполнение и сработка водохранилищ), в зависимости от ввода экологического сценария, на отдаленную перспективу,
  - Динамика сбросов сточных вод (объем и минерализация воды), в привязке к принятым объектам (единицам) планирования – объекты водопотребления и промышленности, в зависимости от ввода экологического сценария, на отдаленную перспективу,
  - Требуемая водоподача для развития рыбоводства (пруды), для отдельных потребителей в привязке к зонам орошения, на отдаленную перспективу.
 ГМ → ЭМ:
  - Объем и минерализация воды в основных створах рек и каналов – прогноз на отдаленную перспективу.

- С социально-экономической моделью (СЭМ):  
ГМ → СЭМ:
  - Располагаемые поверхностные водные ресурсы, в том числе естественный сток, возвратный, потери, суммарное водопотребление из речной сети – прогноз на отдаленную перспективу по сценариям.  
СЭМ → ГМ:
  - Требуемое водопотребление по объектам водопотребления и промышленности.
  
- С гидроэнергетическим блоком гидрологической модели (ГЭБ):  
ГМ → ГЭБ:
  - Приток воды к ГЭС и попуски из них (прогноз на отдаленную перспективу),
  - Динамика объемов воды в водохранилищных гидроузлах с ГЭС (прогноз на отдаленную перспективу).
  
- С энергетическим блоком социально-экономической модели (ЭБ):  
ЭБ → ГМ:
  - Водоподача и сбросы ТЭС - прогноз на перспективу, в зависимости от сценария развития энергетики.
  
- Между гидроэнергетическим блоком гидрологической модели (ГЭБ) и энергетическим блоком социально-экономической модели (ЭБ):  
ГЭБ → ЭБ:
  - Расчетная выработка на ГЭС - прогноз на отдаленную перспективу, в зависимости от сценария развития энергетики и принятого критерия управления и регулирования стока.  
ЭБ → ГЭБ:
  - Требуемая выработка на ГЭС в зависимости от сценария развития энергетики (на период прогноза).
  
- С блоком поверхностных вод (БПВ):  
БПВ → ГМ:
  - Расчетные коэффициенты трансформации природных гидрографов речного стока рек суббассейна за счет изменения лесного покрова и климата, по вариантам в зависимости от выбранных сценариев, водности прогнозируемых природных гидрографов.
  
- Между блоком формирования стока экологической модели (БФС) и блоком поверхностных вод гидрологической модели (БПВ):  
БФС → БПВ:
  - Коэффициенты лесистости, как отношение лесного покрова к общей площади водосбора – выбранного лимитирующего ландшафта, влияющего на формирование стока (динамика по ретроспективе и прогноз, в зависимости от сценария изменения ЗФС).
  
- С блоком выбора сценариев (БВС):  
БВС → ГМ:
  - Код выбранного критерия управления водохранилищами, распределения воды,

- Код выбранного сценария ввода экологических требований к водным объектам (участки рек, водохранилища).

### 3.12.2 Другие связи между моделями и блоками

Гидрогеологическая модель (ГГМ) → социально-экономическая модель (СЭМ), экологическая модель (ЭМ):

- Расчетное водопотребление из подземных вод, в увязке к зонам орошения, объектам водоснабжения и промышленности на перспективу.

ЭМ → ГГМ:

- Экологические ограничения по использованию подземных вод.

СЭМ → ГГМ:

- Требуемое водопотребление из подземных вод, в увязке к зонам орошения, объектам водоснабжения и промышленности на перспективу.

Блок формирования стока (БФС) → ЭМ:

- Показатели оценки изменения экосистем, как отношения площадей эрозии, охраняемых зон, зон рекреации к общей площади зоны формирования стока (ЗФС) - динамика по ретроспективе и прогноз, в зависимости от сценария изменения ЗФС.

Энергетический блок (ЭБ) → СЭМ:

- Статьи перспективного энергетического баланса (выработка на электростанциях – требуемая выработка согласно стратегии развития энергетики).

МЗО → СЭМ:

- Расчетное водопотребление по потребителям для каждой зоны орошения, по сценариям, на отдаленную перспективу (орошение, сельхозводоснабжение),
- Расчетная водоподача в каждую зону орошения по источникам – поверхностный, подземный сток, повторное использование КВД - по сценариям, на отдаленную перспективу,
- Расчетное водоотведение КДВ из зоны орошения (ЗО) – в реки, другие ЗО (через сбросы в каналы и коллектора), по сценариям, на отдаленную перспективу,
- Степень удовлетворения водопотребности в ЗО, по сценариям, на отдаленную перспективу,
- Продукция, валовый доход, затраты орошаемого земледелия, богары по ЗО, по сценариям, на отдаленную перспективу.

СЭМ → МЗО:

- Инвестиции в развитие орошаемого земледелия, по сценариям, на отдаленную перспективу,
- Цены на реализацию сельхозпродукции, по сценариям, на отдаленную перспективу.

ГГМ → МЗО:

- Водозабор из подземных вод на орошение, водоснабжение сельского населения и ферм, в рамках выделенных ЗО – ретроспектива и прогноз (объем воды, минерализация).

ЭМ → СЭМ:

- Продукция, доход и затраты рыбоводства, в привязке к зонам орошения (ЗО), в зависимости от выбранных сценариев, на отдаленную перспективу.
- Динамика сточных вод, варианты их уменьшения (по экологическим требованиям) и использования (сброс в оросительные каналы), в привязке к выделенным объектам водоснабжения и промышленности, в зависимости от выбранного сценария, на отдаленную перспективу,
- Объемы сточных вод и КДВ, превышающих допустимые значения по ряду экологических показателей, требующих очистки или штрафных санкций, в привязке к выделенным объектам водоснабжения, промышленности ЗО, в зависимости от выбранного сценария, на отдаленную перспективу.

МЗО → ЭМ:

- Расчетные объемы и минерализация КДВ, сбрасываемых в реки, каналы, в привязке к ЗО, в зависимости от выбранных сценариев, на отдаленную перспективу.

ЭМ → МЗО:

- Ограничения по сбросу КДВ в реки и каналы, в привязке к ЗО, в зависимости от выбранных сценариев, на отдаленную перспективу.

Блок выбора сценария (БВС) → Блок поверхностных вод (БП):

- Код ввода выбранного климатического сценария.

БВС → СЭМ, МЗО:

- Код ввода выбранного сценария социально-экономического развития (оптимистичный, сохранения тенденций, варианты инвестиций),
- Код ввода климатического сценария

БВС → Гидроэнергетический блок гидрологической модели (ГЭБ), энергетический блок социально-экономической модели (ЭБ):

- Код ввода сценария развития энергетики

БВС → ЭМ:

- Код выбранного сценария ввода экологических требований к водным объектам (участки рек, водохранилища),
- Код выбранного сценария ввода экологических требований к источникам загрязнения (сброс КДВ и сточных вод).

БВС → Блок формирования стока экологической модели (БФС):

- Код выбранного сценария изменения ЗФС.

Блок интерпретации результатов интерфейса → ГИС:

- Результат работы моделей в виде показателей, позволяющих (в баллах, % и др.) оценивать водохозяйственную, экологическую и социально-экономическую ситуацию на перспективу - водообеспеченность зон орошения, стабильность зон риска, острота вредного антропогенного воздействия и др., а также - интегральные оценки, показатели экологической устойчивости, индикаторы устойчивого развития.

ГИС -> Блок интерпретации результатов интерфейса:

- Визуализация показателей в виде цветowych индикаторов на ГИС-покрытиях (объекты на картах и схемах).

#### **4. Требования к базе данных и географической информационной системе**

4.1. Программное обеспечение: Access 97, ARC VIEW/INFO, Visual Basic.

4.2. Основные составляющие базы данных:

- блок поверхностных вод,
- блок подземных вод,
- блок аграрного производства,
- климатический блок,
- экологический блок,
- социально-экономический блок

Энергетическая информация формируется в подблоках, в составе блока поверхностных вод (гидроэнергетика) и социально-экономического блока базы данных (энергетика в целом).

4.3. Задачи Проекта и принципы моделирования интегрированных процессов предполагают определенные требования к формированию данных, которые можно учесть посредством:

- стандартизации данных,
- создания единой системы кодирования,
- логической совместимости данных по диапазону, единицам измерения, источникам информации, типам объектов – точка, линия, площадь (контур).

Информационная модель предполагает обобщение данных, как на этапе подготовки исходной информации, так и интерпретации результатов, по сценариям, в качестве которых выступают:

- сценарии экономического развития суббассейна и отдельных его территорий,
- климатические сценарии, по которым выявляется влияние будущих климатических изменений на естественные гидрографы стока (предположительно по типам водности, с упором на годы экстремальной водности, на основе исторических данных) и требования на воду,
- сценарии управления водными ресурсами суббассейна – варианты оптимального распределения водных ресурсов по территории и времени, удовлетворяющего требованиям водопотребителей (водоснабжение, орошаемое земледелие) и водопользователей (энергетика, промышленность, рыбное хозяйство, рекреация) при соблюдении экологической безопасности и ранжировании потребителей по степени важности.

В качестве основных лимитирующих данных в БД формируются:

- тренды изменения численности населения (социально-экономический блок),
- нормы водопотребления с изменениями по этапам развития (блок аграрного производства),

- стандарты качества и экологические ограничения в части требований к стоку рек, режимам водохранилищ, сбросам возвратного стока, к сохранению экосистем, предотвращению загрязнения и истощению подземных месторождений чистой воды (экологический блок),
- потенциальная продуктивность водных и земельных ресурсов, планируемые границы ее достижения по этапам развития (блок аграрного производства),
- коэффициенты планируемой эффективности использования стока, предполагающей минимизацию технических и организационных потерь по этапам развития (блок аграрного производства),
- планируемые тренды инвестиций (социально-экономический блок).

Одним из основных выходов моделирования, который будет интерпретирован в удобной для пользователя форме (с возможностью архивирования в БД), является экологическая оценка вариантов развития и управления.

Выходные формы анализа экологической ситуации являются основой **системы принятия решений по перспективному планированию суббассейна**, в том числе с использованием цветовых индикаторов на картах, схемах, с обозначением зон риска и соответствующих мероприятий, снижающих риски, по признакам экологического состояния объектов (удовлетворительного, неудовлетворительного), с целевыми требованиями по качеству питьевой воды, сохранению жизни в водоемах.

Другим важным звеном данной системы служат выходные показатели социально-экологической оценки ситуации с минимально эффективным набором основных индикаторов и сценариев, оценкой возможных эффектов и ущербов.

#### 4.4. Требования к географической информационной системе (ГИС):

- Создание информационных слоев ГИС по типам выделенных объектов (разделы 2.1.1...2.1.5, 2.2, 2.3, 2.4 отчета),
- Установление связей между слоями ГИС и объектами БД по границам (контурам), линиям и точкам.
- Разработка интегральной ГИС-модели (в составе блока интерпретации результатов расчета), позволяющей использовать ГИС-технологии при обработке и анализе результатов моделирования суббассейна, их объединении и интерпретации.

Источники для создания слоев ГИС: топографические и тематические карты, спутниковые снимки.

#### 4.5. Разработка каждого блока БД включает стандартные операции, это:

- Разработка структуры блока (согласно требованиям модельного комплекса и задачам Проекта),
- Индексирование и кодировка объектов, определение информационных потоков, логических и функциональных связей,
- Подготовка форм и таблиц БД,
- Сбор данных по информационным источникам или в результате специальных исследований, их анализа,
- Обработка данных, наполнение ими БД,
- Разработка модулей обработки первичной информации, расчета промежуточных и выходных данных с целью подготовки информационного обеспечения моделей, формирование аналитических запросов и отчетов.

**4.6.** База данных по поверхностным водам (блок поверхностных вод, включая гидроэнергетический подблок) разрабатывается согласно пункта 1.9 графика работ RIVERTWIN.

Основные источники информации по поверхностным водным ресурсам и их использованию - данные:

- БВО “Сырдарья” (раздел 4.14 отчета),
- Минсельводхоза РУз и Чирчик-Ахангаранского бассейнового управления ирригационных систем (раздел 4.13 отчета),
- Главгидромета (гидрологические бюллетени), региональной БД (НИЦ МКВК) и “АралКонсалта” (информация по объектам Казахстана).

Состав основной информации:

- технические данные сооружений (гидроузлы, ГЭС) – пропускная способность, связь между уровнями и расходами воды,
- коэффициенты полезного действия (КПД) - проектные и фактические, по ирригационным системам, магистральным каналам, оросительной сети в пределах зон орошения, ГЭС,
- среднедекадные и среднемесячные данные (1980, 1985, 1990, 1995, 1998-2003 гг) по расходам воды в створах гидростов, ГЭС, по боковой приточности, водозаборам и возвратным водам (КДС, сточные воды), объемам стока, которые перебрасываются между Чирчикским и Ахангаранским бассейнами, Узбекистаном и Казахстаном согласно принятым единицам планирования,
- структура водопотребления в абсолютных и относительных величинах – сельское хозяйство (орошаемое земледелие, с/х водоснабжение, рыбное хозяйство в привязке к зонам орошения и ЗФС), питьевое водоснабжение и коммунальное хозяйство, промышленное водоснабжение, теплоэнергетика (в привязке к точечным объектам).

Используется уже собранная (и хранящаяся в ACCESS) информация региональной базы данных (гидрологические ряды до 1998 года).

Сбор и анализ недостающей информации производится согласно пунктов 2.7, 2.3, 2.4 графика работ RIVERTWIN, а по отдельным точечным объектам водоснабжения, промышленного потребления, энергетики и водоотведения – на основании обследования (пункты 2.6, 2.7).

По данным блока поверхностных вод формируется основная часть информационного обеспечения ГМ, ее гидроэнергетического блока и блока поверхностных вод (раздел 3.7 отчета), часть информационного обеспечения модели зоны орошения – местные водные ресурсы (раздел 3.9 отчета) и блока формирования стока экологической модели (раздел 3.11 отчета).

**4.7.** База данных по экологии (экологический блок) разрабатывается согласно пункта 1.5 графика работ RIVERTWIN и включает за 1980, 1985, 1990, 1995, 1998-2003 гг показатели:

- экологического состояния природных ландшафтов, агроландшафтов и промышленных зон,
- характеристики источников антропогенной нагрузки экосистем зон формирования и использования стока,
- показатели качества речных и подземных вод, возвратного стока по КДС и сбросам с промышленных и коммунально-бытовых предприятий, с выделением физико-

химических характеристик, минерализации воды и главных ионов, биогенных элементов, органических загрязняющих веществ, тяжелых металлов.

Данные подготавливаются согласно пунктов 2.4 и 2.6 графика работ RIVERTWIN.

Основные источники информации:

- Главное управление по гидрометеорологии при Кабинете Министров Республики Узбекистан (Главгидромет) – учет и контроль качества поверхностных вод,
- Главное управление геологии и минералогии Республики Узбекистан – учет и контроль качества подземных вод,
- Государственная специализированная инспекция аналитического контроля (ГОССИАК) – учет и контроль сточных промышленных вод,
- Гидрогеологомелиоративная экспедиция при Минсельводхозе Республики Узбекистан – учет и контроль качества возвратных КДВ,
- Органы санитарно-эпидемиологической службы при Минздраве Республики Узбекистан - контроль за состоянием качества водоисточников питьевого и культурно-бытового назначения,
- Ташкентский областной комитет охраны природы,
- Госконцерн “Узбекбалык”.

Приняты следующие основные показатели качества воды:

- Физико-химические (рН, Т, растворенный кислород, взвешенные вещества),
- Минерализация и главные ионы
  - $\text{Ca}^{2+}$ ,
  - $\text{Mg}^{2+}$ ,
  - $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,
  - $\text{HCO}_3^-$ ,
  - $\text{SO}_4^{2-}$ ,
  - $\text{Cl}^-$ ;
- Биогенные элементы
  - соединения азота
  - аммония
  - нитритов
  - нитратов
  - фосфаты
- Органические вещества
  - ХПК
  - БПК<sub>5</sub>
- Тяжелые металлы (хром, медь, свинец, ртуть, никель, цинк) и железо,
- Органические загрязняющие вещества (фенолы, нефтепродукты, СПАВ, пестициды).

По данным экологического блока формируется основная часть информационного обеспечения экологической модели, включая блок формирования стока (раздел 3.11 отчета).

**4.8.** База данных “Подземные воды” (блок подземных вод) разрабатывается согласно пункта 1.10 графика работ RIVERTWIN и включает следующую основную информацию:

- сеть источников подземных вод, в привязке к потребителям подземных вод - орошаемым зонам, точкам объектов водоснабжения и промышленного использования вод, с характеристиками по пропускной способности, в увязке с поверхностными водными ресурсами,
- ретроспективные данные о наличии (запасы, их динамика) и использовании подземных вод (количество, качество воды, режим вододачи) по сети источников и потребителей подземных вод.

Данные подготавливаются согласно пункта 2.8 графика работ RIVERTWIN и используются для формирования основной части информационного обеспечения гидрогеологической модели (раздел 3.8 отчета),

**4.9.** База данных “Аграрное производство” (блок аграрного производства) разрабатывается согласно пункта 1.7 графика работ RIVERTWIN и включает следующую основную информацию:

- посевные площади, с выделением орошаемых, не орошаемых земель, приусадебных участков, по культурам, с указанием срока сева, уборки, урожайности, валового сбора, с разделением по составляющим технических культур, зерновых (подготавливаются согласно пункта 2.5 графика работ RIVERTWIN),
- данные по состоянию животноводства - поголовью скота и производству продукции (подготавливаются согласно пункта 2.5 графика работ RIVERTWIN),
- данные по агроэкономике (подготавливаются согласно пункта 2.6 графика работ RIVERTWIN),
- данные по почвенной характеристике (подготавливаются согласно пункта 2.6.1 графика работ RIVERTWIN).

Основные источники информации:

- Минсельводхоз Республики Узбекистан и Чирчик-Ахангаранское бассейновое управление ирригационных систем,
- Госкомзем Республики Узбекистан,
- Региональная БД (НИЦ МКВК).

Предварительная структура данных:

- Валовая площадь: площадь под с/х угодьями; лесные угодья; дороги, каналы, строения; поселки и города; площадь охраняемых полос рек и водоемов; выключки из орошаемых земель; неудобья; орошаемая площадь брутто и нетто; богарные земли.
- Орошаемые земли: земельный фонд (пашня, многолетние насаждения, залежи, сенокосы, пастбища, сельскохозяйственные угодья приусадебных участков, прочие земли); сельскохозяйственное производство на орошаемых землях (площади под сельхозкультурами, урожайность сельхозкультур, валовой сбор); удельное водопотребление; распределение орошаемых земель по уровням залегания грунтовых вод; распределение орошаемых земель по степени минерализации грунтовых вод; распределение орошаемых земель по степени засоленности почвы; распределение орошаемых земель по бонитету почвы; площадь, обеспеченная дренажом; дренажный модуль.
- Богарные земли: сельскохозяйственное производство на богарных землях (площади под сельхозкультурами, урожайность сельхозкультур, валовой сбор).

- Сроки посева сельскохозяйственных культур, возделываемых на орошаемых и богарных землях.
- Вегетационный период сельскохозяйственных культур, возделываемых на орошаемых и богарных землях.
- Формы хозяйствования на орошаемых и богарных землях: средняя площадь, подвешенная к хозяйствам.
- Животноводство: поголовье скота (крупный рогатый скот, овцы и козы, птица); производство продукции животноводства (мясо в живом весе, мясо в убойном весе, молоко, яйца).
- Затраты на производство сельскохозяйственных культур по типам: всего; машины; трудозатраты; семена; удобрения; горюче-смазочные материалы; прочие; административные; амортизационные.

По данным блока формируется часть информационного обеспечения модели зоны орошения (раздел 3.9 отчета) и СЭМ (раздел 3.10 отчета).

**4.10.** “Социально-экономическая” база данных (социально-экономический блок и его энергетический подблок) разрабатывается согласно пункта 1.3 графика работ RIVERTWIN и включает:

- данные по объему и нормативам водопотребления (водоподача, сброс) для объектов коммунального хозяйства, промышленности и теплоэнергетики, обозначенных в моделях в виде точечных объектов, в привязке к структуре ГМ и блока поверхностных вод БД (подготавливаются согласно пункта 2.3 графика работ RIVERTWIN),
- социально-экономические параметры в разрезе районов, увязанных с зонами орошения (подготавливаются согласно пункта 2.3 графика работ RIVERTWIN).

Предварительная структура данных:

- Демография: численность наличного населения (на конец года), тыс. чел., городское, тыс.чел.; рождаемость (на 1000 населения), смертность (на 1000 населения), продолжительность жизни, лет, миграция населения внутренняя, тыс.чел., миграция населения внешняя, тыс.чел., состав семьи.
- Экономика: ВВП, млрд. \$, структура ВВП по отраслям, %, доля экспорта в ВВП, %, доля импорта в ВВП, %,
- Объем производства продукции, млрд. \$: растениеводства, животноводства, рыбоводства, птицеводства, шелководства, вторичного производства,
- Цены на сельхозпродукцию (закупочные, рыночные): продукцию растениеводства, продукцию животноводства, продукцию птицеводства, продукцию шелководства, продукцию рыбоводства, вторичную продукцию,
- Затраты на единицу продукции, тыс. \$,
- Энергетика: стоимость кВтч, \$, стоимость тонны угля, \$, стоимость 1 м3 газа, \$, потребление электроэнергии (сельское хозяйство), кВтч, потребление электроэнергии (промышленность), кВтч, выработка электроэнергии, кВтч, - ГЭС, %, ТЭС, %, требуемая водоподача для ТЭС, возврат, норма подачи воды на единицу вырабатываемой электроэнергии,
- Занятость: численность (среднегодовая), тыс.чел, трудовых ресурсов, тыс.чел., экономически активного населения, тыс.чел., занятых в экономике, тыс.чел., структура занятого населения по секторам экономики, %,

- **Инвестиции:** объем инвестиций, млн.\$, иностранные инвестиции, млн.\$, частные инвестиции, млн.\$, отраслевая структура капиталовложений, млн. \$, потребные инвестиции в сельское хозяйство, млн. \$, реальные инвестиции в сельское хозяйство, млн. \$, отчисления на водный сервис, тыс. \$,
- **Уровень жизни:** доходы населения, млрд. \$, ВВП на душу населения (реальный и по ППС), \$/чел., расходы населения, млрд. \$, доход в расчете на душу, тыс. \$,
- **Промышленность:** объем продукции, млрд. \$, темп роста промышленного производства, %, структура промышленного производства, %, по отдельным объектам, как потребителям воды (согласно принятых единиц планирования) – требуемая подача воды, возврат, цикл; нормы использования воды на производство единицы продукции,
- **Коммунальное хозяйство:** по отдельным объектам, как потребителям воды (согласно принятых единиц планирования) – требуемая подача воды, сброс, нормы подачи на 1 человека,
- **Рыбное хозяйство:** средняя стоимость рыбы, \$ / кг, требование к водным ресурсам, по отдельным объектам (прудам) – требуемое потребление воды,
- **Питание:** потребление продуктов питания в соответствии с корзиной, медицинские нормы потребления продуктов питания,
- **Рекреация и туризм:** количество пансионатов и зон отдыха, шт., количество людей посещающих зоны отдыха, средняя стоимость 1 дня., \$, требование на водные и природные ресурсы.

По данным блоков формируется часть информационного обеспечения социально-экономической модели и энергетического блока СЭМ (раздел 3.10 отчета).

**4.11.** База данных по климату (климатический блок) разрабатывается согласно пункта 1.11 графика работ RIVERTWIN.

Основная информация представлена по параметрам: температура, осадки (мм/мес), испаряемость (мм/мес), относительную влажность, подготавливаются согласно пункта 2.9 графика работ RIVERTWIN по климатическим зонам, в привязке к метеостанциям, зонам орошения, мелиоративным зонам, зонам формирования стока, водохранилищам.

По данным блоков формируется часть информационного обеспечения блока поверхностных вод ГМ (раздел 3.7 отчета), модели зоны орошения (раздел 3.9 отчета) и социально-экономической модели (раздел 3.10 отчета).

**4.12.** Интерфейс базы данных объединяет все блоки БД в единую систему кодировки, ввода, обработки и выдачи данных (разрабатывается согласно пункта 1.13 графика работ RIVERTWIN).

**4.13** Из информации Чирчик-Ахангаранского бассейнового управления ирригационных систем для наполнения блоков БД и моделирования используются следующие данные (предварительный список):

- данные о расходах воды по речным гидростам, по декадам;
- данные о плановых (лимитах) и фактических расходах в каналы по декадам;
- данные об использовании подземных вод, с указанием источника и водопотребителя – водоснабжение, орошаемое земледелие и др., в привязке к районам или отдельным городам, промышленным центрам,

- данные о боковой приточности в реки и каналы: (1) сбросы по саям, (2) сбросы с каналов, (3) сбросы КДС, (4) хозяйственно-бытовые и промышленные сбросы, по декадам,
- данные о расходах, перебрасываемых между Чирчикским и Ахангаранским суббассейнами, по декадам,
- данные по объемам притока, попусков и объемам воды в водохранилищах, по декадам,
- данные о требуемых расходах, пропускаемых через ГЭС,
- данные по структуре водопотребления (в %) – орошаемое земледелие, с/х водоснабжение, рыбное хозяйство и др., в привязке к ирригационным системам, районам, магистральным каналам,
- данные о водозаборе (расходах воды) из поверхностных источников для не с/х сектора – города, промышленные комплексы, теплоэнергетика,
- данные об использовании подземных вод, с указанием источника и водопотребителя – водоснабжение, орошаемое земледелие и др., в привязке к районам или отдельным городам, промышленным центрам,
- сведений о минерализации речной, оросительной воды и сбросах, по декадам,
- данные по земельному фонду и мелиоративному состоянию земель: географическая площадь, пашня, земли орошаемые, не орошаемые, земли занятые под культуры (состав культур), приусадебные хозяйства, дренированные земли, уровень и минерализация грунтовых вод, дренажный модуль (м<sup>3</sup>/га), по районам и ирригационным системам, за последние 5 лет,
- данные по формам хозяйствования: состав и количество водопользователей (ширкаты, фермерские, дехканские хозяйства), в привязке к районам и ирригационным системам, их характеристика (площадь земель, требуемое водопотребление),
- экологические показатели по качеству поверхностных и подземных вод (гидрохимия, биологические параметры),
- КПД – магистральных каналов, ирригационных систем (средние по системам),
- данные по гидросооружениям – узлы управления и контроля за распределением воды: пропускная способность, связь между уровнем и расходами воды,
- экономические показатели: объемы производства (поголовье скота, с/х продукция, животноводство, улов рыбы), урожайность культур, цены (тарифы) на с/х продукцию, водоснабжение, затраты на обслуживание ирригационных систем, на производство продукции, ежегодные издержки водохозяйственных организаций, продуктивность воды (оросительной, используемой в промышленности, для хозяйственных нужд),
- Линейные схемы и карты, с покрытиями: цифровая карта поверхности, административные районы, населенные пункты, дороги, промышленные центры, ГЭС, ТЭЦ, водохранилища, водохозяйственная сеть (речная, оросительная, сбросная, с выделением ирригационных систем), орошаемые, не орошаемые земли, почвенный и растительный покров, богарные земли, пасбища, источники (водозаборы) подземных вод водоохранные зоны, зоны рекреации.

**4.14** Из информации, имеющейся в БВО «Сырдарья» для наполнения БД используется следующая информация по объектам, контролируемым БВО за 1998 - 2004 год:

- данные о фактических головных водозаборах и лимитах по декадам для характерных по водности 3 – 4 лет;

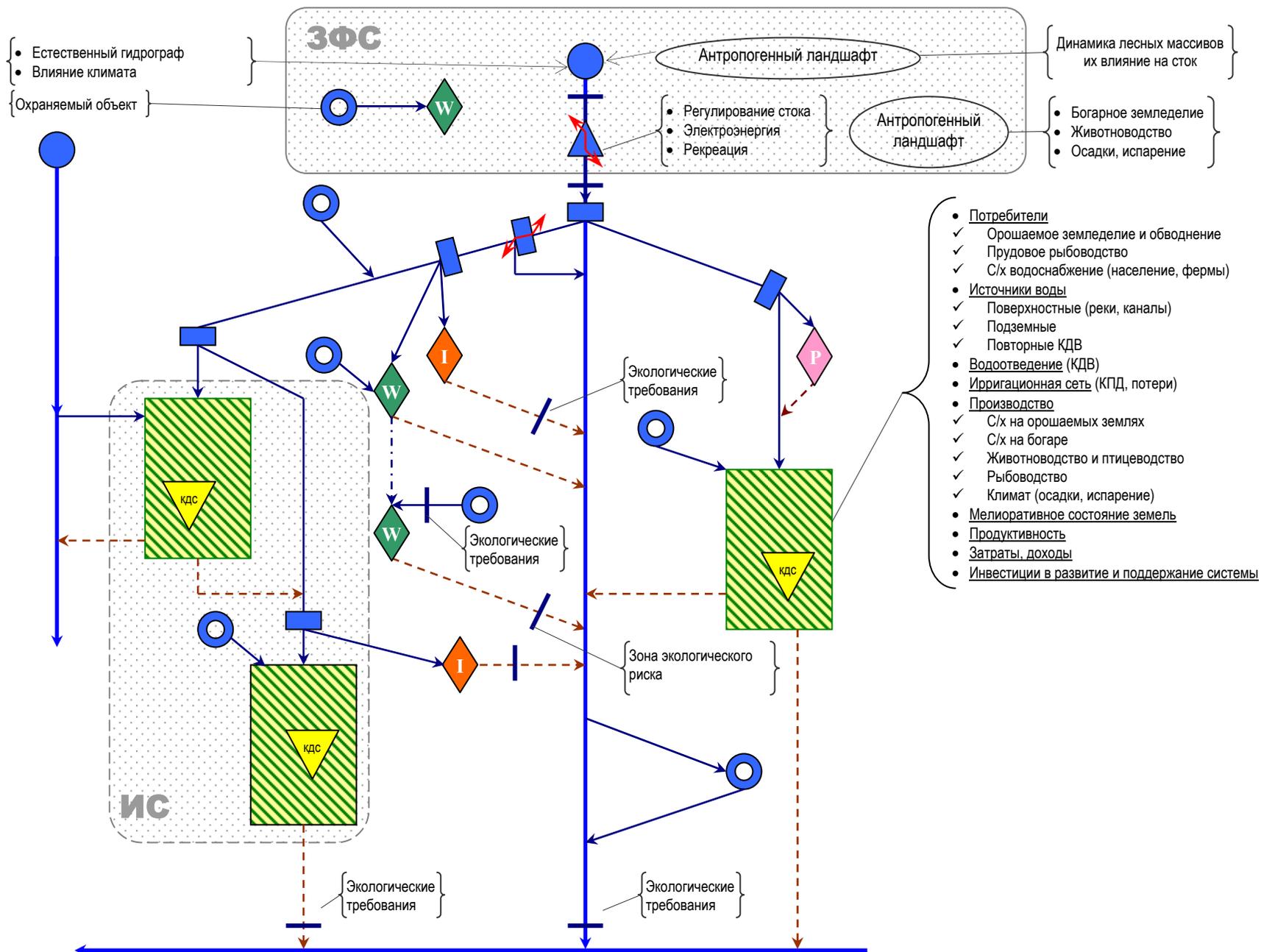
- данные о расходах речных гидростов по декадам для характерных по водности лет;
- данные о боковой приточности для характерных по водности лет;
- притоки, попуски и объемы водохранилищ выборочно за последние 6 лет;
- выборочные данные из располагаемых сведений о минерализации речной воды.

## **Заключение**

Интегрированная модель, увязывающая все составляющие управления и оценки водохозяйственной, экологической и социально-экономической обстановки суббассейна, должна позволять выбирать (в сопоставлении альтернатив) и обосновывать такие управления и сценарии развития, которые в состоянии обеспечить разумные социально-экономические требования и экологическую устойчивость (с набором мероприятий) при минимальных инвестициях.

Главная задача - нахождение реальных путей согласованного взаимодействия всех компонентов моделирования, и по достижению этого - определение (посредством численных итераций) оптимальных режимов и условий устойчивого совместного функционирования водохозяйственных и экологических систем суббассейна, предотвращающих возможные негативные последствия перспективного антропогенного воздействия.

## Увязка объектов моделирования (принципиальная схема ПТС)



-  Источник поверхностных вод
-  Источник подземных вод (скважины, родники)
-  Гидроузел (плотина, вододелитель)
-  ГЭС
-  Водоохранилище
-  Водоохранилищный г/у с ГЭС
-  Гидропост
-  Участок реки, водозабор, сброс
-  Участок канала, водозабор (водовыдел), сброс
-  Участок коллектора, сброс коллекторных и сточных вод
-  Участок водовывода по сети "водоканала", подача по водоводу
-  Зона орошения
-  Зона формирования стока (ЗФС), ирригационная система (ИС) (- - - -)
-  Объект промышленного использования воды
-  Объект теплэнергетики (ТЭС)
-  Объект водоснабжения (населенные пункты)
-  Природный и антропогенный ландшафты
-  Перечень факторов, показателей, характеризующих объекты
-  Повторное (внутриконтурное) использование КДВ, забор воды