

4 - ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ С ЦЕЛЬЮ БОРЬБЫ С ПРОЦЕССАМИ АНТРОПОГЕННОГО ОПУСТЫНИВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ)

В.И. Соколов¹, А.И. Тучин¹

Реферат: В статье приведены ключевые данные о Ферганской долине – где размещен пилотный объект проекта CIRMAN-ARAL, а также дано краткое описание созданной информационной системы, содержащей данные, необходимые для развития проекта и моделирования процессов, связанных с орошением сельхозкультур. Показана структура системы и процесс ее построения в три этапа:

1) создание топологии изучаемой территории; 2) мониторинг, требуемый для регулярного пополнения информации; 3) построение ГИС и базы данных для моделей и системы принятия решений.

Ключевые слова: Интегрированное управление водными ресурсами, антропогенное опустынивание, база данных, математические модели, интерфейс.

Введение

Информационная система для управления орошением строится по уровням иерархии управления водными и земельными ресурсами и связанными с ними объектами водопользования, а также уровнями формирования и использования водных ресурсов (на примере Ферганской долины – см. Рис 1). Система унифицированная, т.е. обеспечивает единство (либо совместимость) технических средств, технологий и методик сбора, обработки и анализа информации, сроков и параметров оценки расходных и качественных характеристик наличных и используемых земельных и водных ресурсов, а также идентичность программных и табличных продуктов, форм сбора и передачи различного вида информации по иерархическим уровням. Система позволяет осуществлять контроль соответствующих показателей основных четырех уровней иерархии существующего водохозяйственного управления:

¹ Межгосударственная Координационная Водохозяйственная Комиссия Центральной Азии – Научно-Информационный Центр (НИЦ МКВК), Узбекистан, 700187, г. Ташкент, м-в Карасу-4, дом 11; vadim@icwci-aral.uz

Уровень 1 - Фермерские хозяйства, включая отдельные поля;

Уровень 2 - Ассоциация водопользователей (АВП) и коллективные хозяйства;

Уровень 3 - Оросительная система ;

Уровень 4 - Бассейн (Ферганская долина – бассейн Сырдарьи).

Следует отметить, что третий уровень является связующим для различных существующих баз данных - региональной базы данных "WARMIS" и базы данных IWRM-Fergana. Здесь же происходит стыковка и с базой данных БВО.



Рис. 1. Ферганская долина

Каждый уровень содержит соответствующую базу данных предназначенную для централизованного хранения и управления совокупностью взаимосвязанных данных, адекватно отображающих состояние объектов данного уровня и отношения между ними.

Уровень 1 - база данных включает все основные параметры водопользования и сельскохозяйственного производства. В качестве основных используются показатели, характеризующие состояние отдельных полей, водохозяйственную деятельность и мелиоративное состояние орошаемых земель в разрезе хозяйствующих субъектов, водозабор из оросительных систем и использование водных и земельных ресурсов на уровне хозяйств, показатели, отражающие структуру посевных площадей, показатели сельхозпроизводства на орошаемых

Информационная система для управления орошением

землях, показатели технического уровня внутрихозяйственной оросительной сети. Также база данных содержит информацию наземных наблюдений для оценки уровня продуктивности земель с использованием ГИС и дистанционных методов. Основное назначение базы данных – способствовать выработке оценок по эффективному использованию водных и земельных ресурсов на уровне хозяйства в сопоставлении с потенциальным уровнем продуктивности воды и земли.

Уровень 2 – база данных включает все основные параметры функционирования существующих ассоциаций водопользователей. В качестве основных используются показатели финансового обеспечения эксплуатационных затрат оросительной и коллекторно-дренажной сети, показатели равномерности подачи воды по группе хозяйств (вегетационный, межвегетационный периоды), показатели по орошаемой и дренируемой площадям, показатели, отражающие состояние и динамику мелиоративного состояния орошаемых земель и технических средств в типичных хозяйствах и т. п. Основное назначение базы данных – способствовать выработке оценок эффективности функционирования существующих АВП (групп хозяйств) и обоснованию эффективности вновь создаваемых АВП.

Уровень 3 – база данных включает все основные параметры функционирования водохозяйственных организаций (систем). В качестве основных используются показатели, отражающие объемы водозаборов из источников орошения в разрезе административных единиц и основных каналов, показатели, характеризующие объемы водоподдачи на орошение (потребные объемы водоподдачи, выделенные лимиты, фактические объемы) в разрезе административных единиц и источников водных ресурсов, технические КПД оросительных систем и размеры организационных потерь, показатели, характеризующие финансово-экономическую деятельность водохозяйственных систем в разрезе основных структурных подразделений. Основное назначение базы данных – способствовать выработке оценок эффективности функционирования водохозяйственных организаций (систем).

Уровень 4 – база данных включает все основные параметры, характеризующие регион (Ферганскую долину и бассейн реки Сырдарья) в целом.

Ферганская долина – территория пилотного исследования

Ферганская долина – один из древнейших оазисов мира, где возраст орошения и развития цивилизации, такой же как и в Индии, Египте, Китае, Ближнем Востоке – исчисляется несколькими тысячелетиями. Ферганская долина расположена в юго-западной части обширной горной системы Тянь-Шань, ледники и снега которой питают водой реки Нарын и

В.И. Соколов, А.И. Тучин

Карадарью. Обе реки выходят на долину на востоке и, сливаясь, образуют реку Сырдарью, которая течет в направлении на юго-запад и разделяет Фергану на две несимметричные части. Протяженность долины около 250 км, если считать в направлении от Учкурганской ГЭС на Нарыне до г. Ходжента, и около 300 км, если считать от Кампырраватской плотины на Карадарье. Ширина долины в створе Кассан – Наманган – Фергана – Вуадиль достигает 130 км и сужается на западе до 5 – 10 км. С востока долина окаймлена Ферганским, с юга – Алайским и Туркестанским, с севера – Чаткальским и Кураминским хребтами.



Рис. 2. Головное сооружение канала Ходжабакирган

Значительная часть притоков реки Сырдарья в пределах долины – более тридцати – в настоящее время не доходят до Сырдарьи, так как их вода разбирается на орошение. К наиболее крупным боковым рекам относятся: Падшаата, Гавасай, Касансай, Караунгур, Кугарт, Ак-Бура, Аравансай, Исфайрамсай, Шахимарданский, Сох, Исфара, Ходжабакирган и др., стекающие главным образом с Ферганского и Туркестанского хребтов. Река Сырдарья формирует около 70 % всего стока поверхностных вод Ферганской долины, остальные реки формируют около 30 % (Табл.1).

Информационная система для управления орошением

Таблица 1. Поверхностный сток из зоны формирования в бассейне реки Сырдарья и его доля в Ферганской долине (км³/год)

Река по гидрометрическому посту	Приток из зоны формирования стока		
	Максим. (P=5%)	Средне- многолетний	Миним. (P=90%)
Бассейн Сырдарьи, всего	58.91	37.20	23.97
Сырдарья до Чардары	54.46	35.42	23.44
Нарын - Учкурган	20.68	14.54	10.68
Карадарья – приток в Андижанское вдхр.	6.49	3.92	1.83
Реки междуречья (Нарын-Карадарья)	3.69	2.07	1.10
Правый берег Ферганской долины	2.16	1.18	0.73
Левый берег Ферганской долины	5.79	4.54	3.49
Итого Ферганская долина	38.81	26.25	17.83
Доля Ферганской долины в:			
- стоке Сырдарьи, всего %	65.9	70.6	74.4
- в стоке до Чардары, %	.	74.1	76.0

С древних времен привлекательные жизненные условия этого оазиса способствовали земледельческому развитию. Ниже приведена ирригационная характеристика земель Ферганской долины в разрезе стран (таблица 2). В результате Ферганская долина превратилась в один из самых густонаселенных регионов Центральной Азии. Характерными являются высокая плотность населения, высокие темпы развития и большая демографическая нагрузка вследствие низкой миграционной способности сельского населения (таблица 3).

Таблица 2. Ирригационная характеристика земель Ферганской долины, тысяча гектаров

Регион, государство	Территория	Пригодно для орошения	Орошение			Свободных земель
			1930	1970	2000	
Ферганская долина	9053	1539	675	1066	1376	163
Кыргызстан	6408	341	162	214	331	10
Таджикистан	699	197	39	97	134	63
Узбекистан	1946	1001	474	755	911	90

Как видно из Таблицы 3, сельское население составляет от 62.5 % в Наманганской до 77 % в Ошской областях. Если учесть, что на 1 человека в сельской местности приходится в среднем от 0.16 до 0.222 га, а резервы земли, возможные к орошению (Таблица 2) почти что исчерпаны, то становится ясно, что решение проблем социального благополучия в

долине лежит лишь в подъеме производства орошаемого земледелия, усилении вторичной переработки и развитии малого и среднего предпринимательства, как в сфере аграрного, так и других отраслей.

Таблица 3. Демографические показатели Ферганской долины (2000 год)

Показатели	Области						
	Андижанская	Ферганская	Наманганская	Согдийская	Ошская	Джалалабадская	Баткенская
Количество населения, тыс. чел.	2216.5	2697.5	1953.2	1904	1211.7	893.9	384
В т.ч. сельского, тыс. чел.	1550.9	1916.7	1221.4	1245	926.3	685.6	310.3
Рост населения, % в год	2.4	2.4	2.7	1.4	1.83	1.61	1.5
Плотность населения, чел/км ²	527.7	402.6	263.9	75.2	41.5	26.5	23.3
Орошаемая земля, га на 1 чел.	0.171	0.186	0.222	0.145	0.159	0.192	0.184

В то же время показатели последних лет, особо в Узбекистане, свидетельствуют о нарастании социальной напряженности – население увеличивается на 2.4-2.7 % в год (Таблица 4), трудовые ресурсы в сельской местности используются непосредственно в аграрном секторе менее, чем наполовину, темп роста ВВП от 2.9 % до 7 % при среднем уровне ВВП на душу населения 377–572 \$/чел. в год – значительно ниже среднего по стране.

Таблица 4. Социально-экономические показатели областей Ферганской долины в Узбекистане за 2000 г.

Показатели	Андижанская	Наманганская	Ферганская
ВВП млрд. сум	260.55	167.92	326.783
ВВП в млн. долл. США	1267	746	1562
ВВП на душу населения	566	377	572
Темпы роста ВВП, %	7	5.8	2.9
Темпы роста населения, %	2.4	2.7	2.4
Трудовые ресурсы, тыс. чел.	1104	939	134
в т.ч. в сельской местности	761	586	951
Занятость в сельском х-ве	339	245	420
% сельского населения	69.0	62.5	71
Среднемесячная з/п в сумах	8573	8053	9039

Информационная система для управления орошением

Уже в настоящее время число неработающего населения в долине превысило несколько сотен тысяч человек. Ясно, что снижение производства орошаемого земледелия и спад удельных показателей доходности из-за деградации земель превратили обеспеченность водой и другими условиями производства в исключительно важные и приоритетные задачи.

Ирригационный комплекс Ферганской долины обслуживает в настоящее время более 40 тысяч самостоятельных водопользователей, из которых 38.5 тыс. фермеров, 1.5 тыс. коллективных хозяйств, 119 Ассоциаций фермеров и 306 неирригационных потребителей. Водоподача осуществляется по 12.4 тыс. км межхозяйственных каналов и более 9.5 тыс. км межхозяйственных коллекторов. Ирригационные системы и сооружения, функционирующие в настоящее время в долине, построены еще в советское время и срок их службы исчисляется десятилетиями. Некогда технически совершенные каналы и сооружения требуют коренной реабилитации или проведения восстановительных работ. Это практически касается значительной части магистральной и всей межхозяйственной ирригационной сети и, не в меньшей степени внутрихозяйственной, которая еще в советское время отставала от межхозяйственной.

Фактическое наличие и распределение объемов водозабора и водоподачи из источников водных ресурсов по Ферганской долине в целом и в разрезе государств, характеризуются в Таблице 5.

Таблица 5. Общий объем водозабора, водоподачи и водоотведения по Ферганской долине на уровне 2000 года

Государство	Общий объем воды забираемой из источников		Общий объем водоподачи на границах хозяйств		Общий объем водоотведения	
	млн. м ³	%	млн. м ³	%	млн. м ³	% от водозабора
Республика Узбекистан	10161.1	69.7	7931.1	69.1	3790	37.3
Кыргызская Республика	2675.8	18.4	2155.1	18.8	764.2	28.56
Республика Таджикистан	1728.9	11.8	1391.0	12.1	672.5	38.9
Всего	14565.9	100.0	11477.2	100.0	5226.7	35.88

База данных и модельный комплекс состоят из следующих блоков:

- Справочная информация и паспорта полей. В этом блоке определены справочники, описывающие постоянную или мало меняющуюся информацию: Республики, Области, Районы, Фермерские хозяйства, Приток, Поля, Каналы, Водовыпуски, Отток, Транзит, Гидропосты, Створы, Скважины, Тип дренажного стока, Вид полива, Тип водослива, Сельхозкультуры. А также: Структура хозяйства (План-схема оросительной сети, Характеристики ГП, Характеристики участков, Характеристики каналов, Паспорт поля)
- Регистрация фактических данных: Ведомости расходов воды на ГП, Рапорта
- Ввод и корректировка норм полива
- Работа с грунтовыми водами и засоление почв: УГВ по створам, УГВ по полям, УГВ (GIS), Засоление почв и типы почвенных разностей
- Дренажный сток - ввод и корректировка данных дренажного стока
- Климатические данные: средне-многолетние, декадные, суточные
- Математическая модель, рассчитывающая план водоподачи на поля
- Методы и рекомендации: Методы повышения продуктивности земель, Рекомендации по использованию минерализованных вод, Методы определения продуктивности земель, Методы определения параметров и оценка эффективности дренажа, Методы определения водно-солевого баланса, Методы определения водопотребления, Модель RZWQM.

По каждому блоку имеются отчеты, данные могут представляться в табличном или графическом виде.

Программа создана на базе СУБД ACCESS и представляет собой набор файлов:

- «CopernicusEng и CopernicusRus», в которых собрано все программное обеспечение, рабочие временные таблицы, запросы, формы ввода и корректировки информации и отчеты
- «Copern_Data» – место хранения всех данных за один сезон или год.

Файлов типа «Copern_data» может быть несколько, в зависимости от необходимости хранения данных за предыдущий период. В Меню «Переключение на другой год» пункт «Выбор» позволяет выбрать необходимый из них, а пункт «Новый» создает новый файл типа «Channel_data» с копией Справочников из текущего файла и пустыми таблицами (форматами) документов.

При загрузке программы на экране появляется главное окно (Рис. 3), а также Меню, из которого можно запустить остальные блоки. В Главной Форме определяется фермерское хозяйство (ирригационная система), для

Информационная система для управления орошением

которого производится расчет параметров водораспределения. Опции меню показаны в Табл. 6.

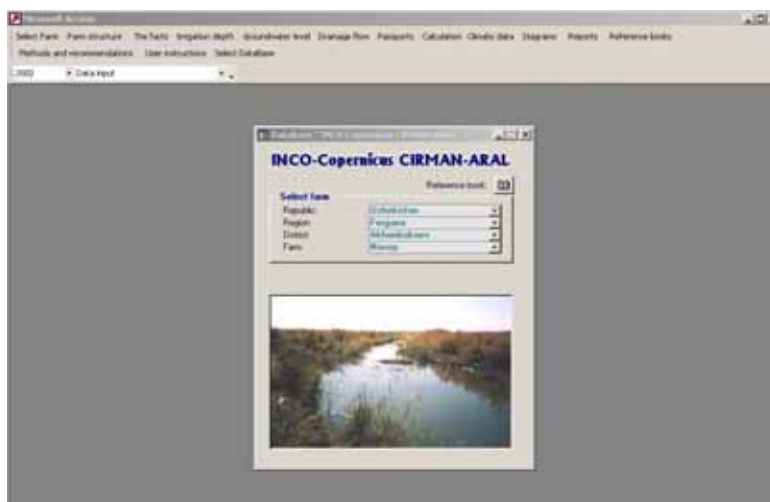


Рис.3. Главная форма информационной системы «CIRMAN-ARAL»

Работа ведется в двух режимах: «Ввод» и «Просмотр и корректировка данных». Для расчета модели водораспределения необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) Определить структуру ирригационной системы
- 2) Задать нормы полива
- 3) Запустить расчет.

Для сравнения значений «План», «Факт» и «Норма» имеются соответствующие диаграммы в подменю «Графики». На формах в правом верхнем углу находится кнопка «Справочник». При нажатии на эту кнопку появляется тот или иной справочник в зависимости от того, на какой опции установлен курсор. Например, если пользователь выбирает «Хозяйство», то при вызове справочника появится соответственно справочник хозяйств. В левом нижнем углу формы расположена кнопка «Отчет», при нажатии на которую появляется отчетная форма. Пользователь может просмотреть и вывести на печать необходимую информацию.

В программе имеются следующие справочники: Потребителей, Водоотводов, Привязки водоотводов к потребителям, Измерительных устройств, Тарифовочных кривых, Ответственных исполнителей, Исполнителей, Гидромодульных районов, Ординат гидромодулей, Районов, Ирригационных сетей.

Таблица 6. Опции Меню Базы Данных

Суб-меню	Опции
Выбор хозяйства	
Фактические данные	
Нормы полива	
Уровень грунтовых вод	
Дренажный сток	
Паспорта	
Расчет модели	
Климатические данные	
Графики	График расходов на ГП Графики полива полей Приток в контур Расходы на каналах Сравнительные графики "Норма/План" Сравнительные графики "Факт/Норма/План" Ведомости расходов воды ГП
Отчеты	Рапорта Дренажный сток по дренам
Справочники	
Методы и рекомендации	
Инструкции для пользователя по системам	CROPWAT ISAREG GISAREG
Выбор базы данных (по году)	

«Справочник потребителей» представлен в виде простого списка, в который можно добавлять записи, изменять или удалять их. Однако удаление – операция опасная тем, что пользователь может потерять всю информацию об удаляемом потребителе. «Справочник водоотводов» также представляет собой простой список, но разделенный по типам отводов – магистральный канал, обычный канал, отвод, сброс и подпитка (Рис.4). Пользователь должен выбрать тип водовода в разворачивающемся списке, расположенном в верхней части формы, после чего будут представлены все типы. В «Справочнике привязки водоотводов к потребителям» каждому водоотводу назначается потребитель. При этом несколько водоотводов могут приходиться на одного водопотребителя. В «Справочнике измерительных устройств» определяются тип и наименование измерительных устройств. Из этого справочника имеется выход в «Справочник тарифовочных кривых», в котором для каждого измерительного устройства вводятся отметки и соответствующие им расходы. В «Справочнике ординат гидромодулей» выбирается гидромодульный район, задаются соответствующие культуры и вводятся по ним ординаты. «Справочники ответственных исполнителей, исполнителей, районов, ирригационных сетей» представляют собой

Информационная система для управления орошением

наборы записей, которые пользователь может добавлять, изменять или удалять. В Таблице 7 дан перечень отчетов программы.



Рис.4. Отвод из ЮФК для деривационной ГЭС

Таблица 7. Перечень отчетов программного комплекса

Отчеты	Тип
Плановый	Годовой
	Декадный
Установленный лимит	Годовой
	Декадный
	Расчетный
Заявка	Годовой
	Декадный

Отчеты могут выводиться как для одного потребителя, так и для всех в зависимости. Пользователем задается период (для годового отчета) или декада (для декадного). В таблице указываются имеющиеся документы. Если они отсутствуют, то и в отчете нет данных. В нижней части формы имеются две кнопки: для просмотра и для печати отчета.

Экспериментальный участок (Рис. 5) располагался в хозяйстве «Азизбек-1» Ахунбабаевского района, Ферганской области. На этот участок вода подается по каналу, который разветвляется на несколько более мелких. Каждый канал занесен в базу данных со своими параметрами. Определено 16 водовыпусков на поля. Водовыпуск подает

воду на соответствующее поле (поливной участок). Для каждого поливного участка определен набор параметров. Информация, определенная для опытного участка передается в математическую модель, для расчета плана. На выходе модели рассчитанный план передается в базу данных и представляется пользователю.

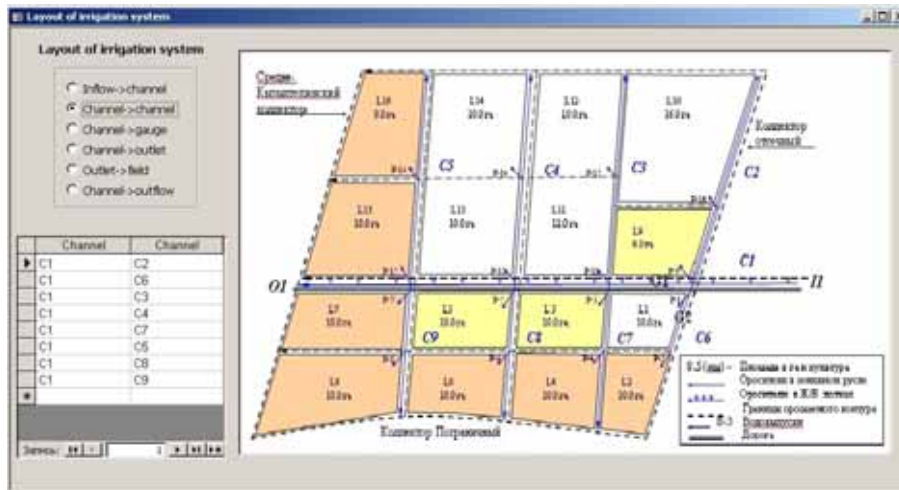


Рис.5. План-схема опытного хозяйства

Немаловажное место в системе занимает ГИС при обработке данных (Рис.6). ГИС позволяет наглядно представить информацию о полях. Представляя карту пользователю и различные слои, можно дать ему мощный инструмент для анализа. При расчетах ГИС позволяет довольно просто работать с площадными объектами, а также решать некоторые задачи, например задачу нахождения пути и др. ГИС позволяет работать с космическими снимками и с их помощью значительно уточнять информацию по структуре хозяйств.

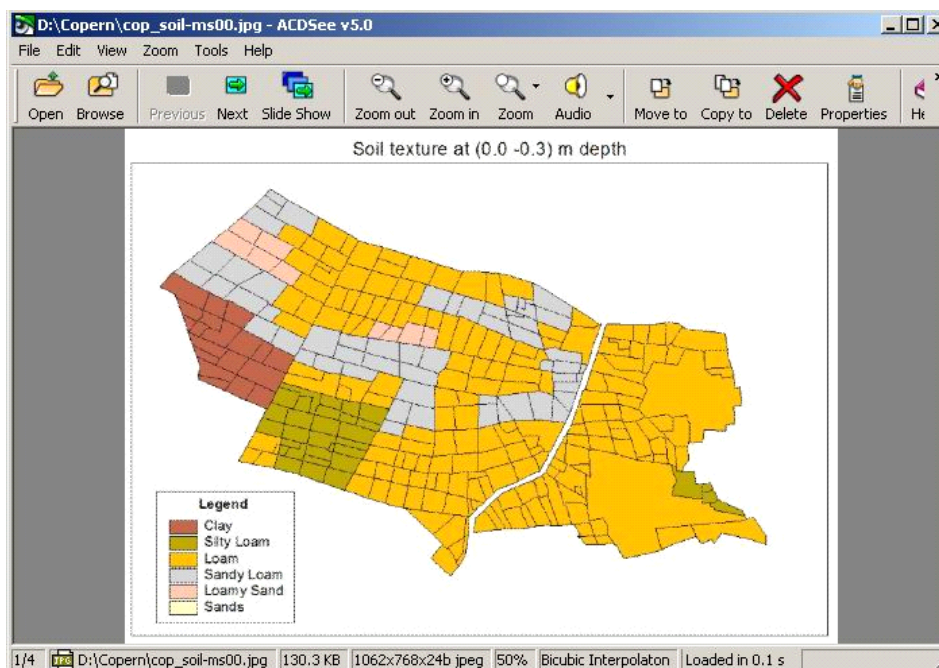


Рис. 6. Пример использования ГИС для создания карты почвенных разностей в пилотном хозяйстве

Библиография

- Dukhovny V., Sokolov V. *Land and Water Information System for the Aral Sea Basin*. Proceedings of the 5th International Congress on Management, Services and Technologies of Water (HYDROTOP-99). 15-17 June 1999, Marseilles - France. pp. 155-161.
- Dukhovny V., Tuchin A., Sokolov V., Umarov P. *Experience with Modeling for Water Resources Development in the Aral Sea Basin*. The 7th International Conference of the Israel Society for Ecology and Environmental Quality Sciences on "Environmental Challenges for the Next Millennium", Jerusalem, Israel, June 13-18, 1999.
- Sokolov V. *Information System for Water Resources Management in the Aral Sea Basin*. Proceedings of the 19th European Regional Conference of ICID "Sustainable Use of Land and Water" 4-8 June 2001, Brno and Prague, Czech Republic. p. 87