

Университет МакГилла

Центр Брейс по  
управлению водными  
ресурсами

Монт Ройальский  
Колледж

Межгосударственная  
координационная  
водохозяйственная  
комиссия

Научно-  
информационный  
центр  
НИЦ МКВК

Канадское Агентство  
международного  
развития

CIDA

**Тренинговый Центр МКВК по управлению водными ресурсами**

Казахстан

Кыргызстан

Таджикистан

Туркменистан

Узбекистан

**М. Г. Хорст**

*САНИИРИ*

**Результаты Проектов по Водосбережению (A-2  
GEF) и Управлению Сельскохозяйственным  
Производством и Использованием Воды (WUFMAS)  
и управлению внутрифермским орошением**

Семинар Тренингового Центра МКВК по теме  
«Интегрированное управление водными ресурсами»  
Ташкент 2001

## **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение производства сельхозпродукции на орошаемых землях является важным фактором устойчивого развития экономики стран Центральной Азии, дестабилизирующее воздействие на которое оказывают высокие темпы прироста населения, ослабление экономического потенциала, резкое уменьшение капиталовложений в мелиорацию и водное хозяйство, нарастающий дефицит воды пригодного к использованию качества. В условиях перехода к рыночным отношениям в сельском и водном хозяйстве достижение потенциальной продуктивности земельных и водных ресурсов возможно лишь при обеспечении производства максимума сельхозпродукции на единицу затраченной воды, что требует осуществления комплексных исследований практической направленности.

Ряд особенностей региона: распространенность засоленных земель, наличие орошаемых земель с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, предрасположенность почв к коркообразованию, требуют разработки специфических подходов при выработке решений по повышению эффективности сельхозпроизводства.

Основа для подобных разработок создана подпроектом «Исследования водопользования и управления в сельском хозяйстве» (WUFMAS).

С 01.04.96 в хозяйствах и на полях-индикаторах проводились комплексные исследования факторов сельхозпроизводства на внутривладельческом уровне, включающие изучение фактического использования земли и воды, удобрений, механизмов, ручного труда и т.п. на фоне существующей инфраструктуры, социально-экономических и природно-климатических условий типичных зон бассейна Аральского моря. Целью этих исследований являлось установление фактического положения на наименее изученном внутривладельческом уровне, складывающегося в условиях реструктуризации сельского хозяйства пяти Центральноазиатских государств, адаптация к местным условиям международных методологий эффективного сельхозпроизводства и водопользования и разработка практических рекомендаций по повышению продуктивности орошения.

На основе оценок и анализов было разработано семь сценариев практических рекомендаций повышения продуктивности. Наиболее оптимальный из них, предусматривающий снижение затрат оросительной воды с одновременным обеспечением повышения урожайности сельхозкультур за счет улучшенной агротехники был реализован в 1999 году в 9 хозяйствах региона. Фермерам и лицам, принимающим решения (в семинарах приняли участие более 300 человек) были практически продемонстрированы выгоды от повышения продуктивности использования воды за счет улучшения использования факторов сельхозпроизводства и повышения урожайности сельхозкультур (социально-экономический аспект) одновременно со снижением непроизводительных затрат оросительной воды (экологический аспект).

Вместе с тем, была продемонстрирована реальная возможность создания на базе демонстрационных полей WUFMAS своеобразных *консультационных пунктов*, позволяющих расширить зону внедрения практического применения разрабатываемых рекомендаций, на основе которых в будущем возможно создать службу «extension service» и тренинговые центры.

## **ПРОГРАММА WUFMAS – ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВОМ**

### **Что такое WUFMAS**

WUFMAS это исследования водопользования и управления сельхозпроизводством, выполнявшиеся в период 1996-1999 гг. при поддержке Европейского Сообщества в Центрально-Азиатском регионе.

Основной целью первого этапа работ было изучение и оценка того, как фактически в хозяйствах, представляющих различные природно-климатические зоны бассейна Аральского моря используются имеющиеся ресурсы и, что производится с использованием этих ресурсов. Иными словами целью первого этапа было получить «фотографию» текущей ситуации на наименее изученном и наиболее чувствительном к воздействию внешних факторов – внутрихозяйственном уровне.

### **Зачем нужны подобные программы**

После обретения государствами Центральной Азии независимости и выбора каждым из них своего пути развития, основанного на законах рыночной экономики и, учитывая ведущую роль в экономике стран региона аграрного сектора, важна оценка того, какие изменения произошли на так называемом низовом уровне – внутрихозяйственном и что необходимо предпринять, чтобы повысить эффективность орошаемого земледелия.

Данные официальной статистики ограничены в своем содержании. Кроме того, многие вопросы такие как, например, реальная эффективность использования оросительной воды и других ресурсов внутри хозяйств оцениваются официальной статистикой лишь косвенно. Впервые в подобных масштабах (в первый период работ (с 01.04.96 по 31.03.97) наблюдениями и оценками было охвачено порядка 110 тыс.га из 7.5 млн.га орошаемых земель региона (18 парных хозяйств – 360 полей)) по единой методике в течение трех сельскохозяйственных годов велось непрерывное отслеживание (мониторинг) процессов происходящих в орошаемом земледелии.

### **Как выбирались объекты**

Основными принципами при выборе хозяйств являлись - обеспечение репрезентативности по высотно-широтным почвенно-мелиоративным условиям и по формам хозяйствования. Каждая из выбранных пар хозяйств характеризовала определенную почвенно-мелиоративную зону в бассейне Аральского моря.

В соответствии с обеспеченностью работ финансированием в период с 01.04.97 по 31.03.98 наблюдения и оценки в рамках WUFMAS проводились на порядка 80 тыс.га орошаемых земель Центральноазиатского региона (**таблица 1**). Из общего числа 24 хозяйств (240 полей) - 14 располагались в бассейне р.Сыр-Дарья и 10 - в бассейне р.Аму-Дарья.

В каждом из выбранных хозяйств выбиралось по 10 орошаемых полей, характерных для зоны расположения и для самого хозяйства по структуре посевов. На 240 полях наблюдавшихся в период с 01.04.97 по 31.03.98 сложилась следующая структура посевов:

- хлопчатник - 117 полей (49 %);
- озимая пшеница - 38 полей (16 %);
- рис - 20 полей (8 %);
- люцерна - 14 полей (6 %);
- другие сельхозкультуры - 51 поле (21 %).



**Таблица 1. Перечень хозяйств WUFMAS**

Код хоз-ва	Республика	Область	Район	Хозяйство	Почвенно-климатическая зона	Гидромодульный район	Координаты				Высота над уровнем моря [м]	
							Сев.шир		Вос.дол			
							о	с	о	с		
01	КАЗАХСТАН	Кзылординская	Теренозекский	П/к Акжарма	С-I-A	IX	44	53	64	48	118	
02		Кзылординская	Жалагашский	П/к Аккумский	С-I-A		IX	44	55	64	42	117,5
03		Юж.-Казахстанская	Махтааральский	ТОО Жамбул	Ц-II-B		V	40	52	68	34	257
04		Юж.-Казахстанская	Махтааральский	А/о Махтаарал	Ц-II-B		V	40	49	68	32	257
07	КИРГИЗСТАН	Чуйская	Сокулукский	СКФ Рассвет	Ц-I-B	III	42	52	74	28	730	
08		Чуйская	Сокулукский	Эксперимент.	Ц-I-B		III	42	47	74	33	958
09		Ошская	Карасуйский	ЧХК Садыкова	Ц-II-B		III	40	33	72	49	954
10		Ошская	Карасуйский	КОСХ	Ц-II-B		III	40	38	72	54	873
14	ТАДЖИКИСТАН	Ленинабадская	Г.Канибадам	К/х Первое Мая	Ц-II-B	II	40	17	70	23	300	
37		Ленинабадская	Г.Канибадам	АО Дусти	Ц-II-B		II	40	15	70	12	425
17	ТУРКМЕНИСТАН	Марыйская	Байрамалыкский	Д/о Тязе-дурмуш	Ю-II-A	VIII	37	37	62	11	240	
18		Марыйская	Байрамалыкский	Д/о Мургап	Ю-II-A		V	37	37	62	11	240
21	УЗБЕКИСТАН	Сурхандарьинская	Шерабадский	Бердыева	Ю-II-A	III	37	39	66	59	390	
22		Сурхандарьинская	Шерабадский	Талашкан	Ю-II-A		V	37	38	66	56	390
23		Сырдарьинская	ШарафРашидовский	Г.Гулям	Ц-II-B		V	40	23	68	23	280
24		Сырдарьинская	ШарафРашидовский	Тимур Малик	Ц-II-B		V	40	23	68	23	280
25		Хорезмская	Ханкинский	Навои	Ц-I-A		VII	41	30	60	38	90
26		Хорезмская	Ургенчский	Пахтакор	Ц-I-A		VII	41	29	60	40	90
27		Каракалпакстан	Кегелинский	Халкабад	С-II-A		V	42	42	59	44	80
28		Каракалпакстан	Нукусский	Шортанбай	С-II-A		VII	42	37	59	32	75
33		Ферганская	Кувинский	Навои	Ц-II-A		V	40	34	72	03	480
34		Ферганская	Ташлакский	Якатут	Ц-II-A		V	40	29	71	53	460
35		Бухарская	Каганский	Бухара	Ц-II-A		V	39	44	64	29	230
36		Бухарская	Каганский	Гулистан	Ц-II-A		V	39	45	64	30	230

Примечание: цветом выделены хозяйства, на демонстрационных полях которых в 1999 году внедрялись рекомендации по повышению продуктивности орошения

## **Что из себя представляет База Данных WUFMAS**

Для возможности разноплановых анализов и оценок вся информация, характеризующая орошаемое земледелие хозяйств, включенных в мониторинг WUFMAS, была систематизирована в виде Базы Данных. Основывается она на отчетных данных репрезентативных хозяйств бассейна Аральского моря для уровня «хозяйство» и на фактической информации для уровня «поле» систематического мониторинга водопользования и факторов сельхозпроизводства.

Ежемесячно пополнявшаяся информация охватывает период с 01.04.96 по 30.11.98 г. на первом этапе работ и для демонстрационных и контрольных полей второго этапа с 01.10.99 по 30.11.99 г.

База Данных позволяет проследить за этот период основные тенденции для уровней «хозяйство» и «поле», сложившиеся в орошаемом земледелии региона под воздействием внешних и внутренних факторов, а также произвести оценку влияния отдельных факторов и совокупности факторов на эффективность водопользования и сельхозпроизводства.

В составе Базы Данных WUFMAS постоянно пополнявшийся новыми данными архив информации со следующими разделами:

- Идентификация месторасположения контрольных полей WUFMAS
- Землепользование
- Водопользование
- Режим грунтовых вод
- Дренаж
- Факторы сельхозпроизводства
- Фенология
- Болезни и вредители сельхозкультур, сорняки
- Сельскохозяйственная продукция
- Климатология
- Физические и химические свойства почв и воды
- СПРАВОЧНИКИ:
  - цены
  - стоимости
  - специальная служебная информация
  - информация о курсах национальных валют.

База данных WUFMAS, представляющая отсутствующий в обычных статистических крупномасштабных исследованиях комплекс знаний для уровня "поле" имеет большое значение для:

- оценки фактической и потенциальной продуктивности земли и воды;
- выявления резервов водосбережения;
- создания единой методологической базы оценки и нормирования водопотребления
- выбора альтернативных путей повышения экономической эффективности орошаемых земель, особо в условиях перехода к рыночной экономике.

## **Что измерялось и оценивалось**

### *Землепользование*

- отчетные данные хозяйств на начало вегетационного периода каждого года ( 1 апреля ), характеризующие использование земли в контурах хозяйств WUFMAS

- отчетные данные на начало вегетационного периода каждого года ( 1 апреля ), характеризующие структуру посевных площадей и планируемое распределение сельскохозяйственной продукции с этих площадей в контурах хозяйств WUFMAS для:

- орошаемых сельскохозяйственных культур
- неорошаемых сельскохозяйственных культур.

#### *Водопользование*

- ежемесячные текущие данные полевых измерений, характеризующих фактическую водоподачу на орошаемые поля в период проведения:
  - промывных поливов
  - влагозарядковых поливов
  - вегетационных поливов сельскохозяйственных культур
- отчетные данные хозяйств на начало вегетационного периода каждого года ( 1 апреля ), характеризующие планируемое водопользование в контурах хозяйств WUFMAS:
- отчетные данные хозяйств по декадам каждого месяца, характеризующие ход водоподачи на орошение в контуры хозяйств WUFMAS:
  - из магистральных и межхозяйственных оросительных каналов
  - из внутриконтурных скважин вертикального дренажа
  - из открытой коллекторно-дренажной сети
  - площадь, орошенную из всех видов источников воды

#### *Режим грунтовых вод*

- текущие данные полевых измерений в начале и конце каждого месяца, уровня грунтовых вод (при залегании их  $< 3$  м от поверхности земли) на контрольных полях WUFMAS

#### *Дренаж*

- отчетные данные хозяйств на начало вегетационного периода каждого года ( 1 апреля ), характеризующие работу за предшествующий год дренажных систем в контурах хозяйств WUFMAS:
  - вертикальный дренаж
  - закрытый горизонтальный дренаж
  - открытый горизонтальный дренаж

#### *Факторы сельхозпроизводства*

Текущие данные полевых измерений, характеризующих физические и стоимостные затраты при производстве сельскохозяйственной продукции на контрольных полях WUFMAS на следующие факторы:

- семена (саженцы) сельскохозяйственных культур
- удобрения
  - органические
  - неорганические
- агро-химикаты
- средства биологической защиты растений
- машины и механизмы
- ручной труд
- управленческий труд.

### *Фенология*

- текущие данные полевых измерений в начале и конце каждого месяца вегетации показателей, характеризующих рост и развитие сельскохозяйственных культур на контрольных полях WUFMAS :
  - средняя высота растений
  - средняя глубина корневой системы
  - среднее количество цветков (колосков, початков, плодов) на одном растении
  - среднее количество раскрытых коробочек хлопчатника
  - среднее количество не раскрытых коробочек хлопчатника
- текущие данные полевых измерений в марте, июне, октябре каждого года количества растений на 1 погонном метре или на 1 м<sup>2</sup>, характеризующих густоту стояния растений сельскохозяйственных культур на контрольных полях WUFMAS

### *Сельскохозяйственная продукция*

- текущие данные полевых измерений показателей, объем собранной сельскохозяйственной продукции на контрольных полях WUFMAS :
  - с учетных площадок (пять на каждом поле)
  - с контрольных полей

### *Болезни и вредители сельскохозяйственных культур, сорняки*

- текущие данные полевых измерений в марте, июне, октябре каждого года количества сорняков на 1 погонном метре или на 1 м<sup>2</sup>, характеризующих засоренность контрольных полей WUFMAS
- текущая оценка в марте, июне, октябре каждого года степени ущерба сельскохозяйственным культурам (по 4-х бальной шкале) от засоренности контрольных полей WUFMAS
- название сельскохозяйственных вредителей или заболеваний сельскохозяйственных культур и дата первого обнаружения их на контрольных полях WUFMAS
- идентификация сельскохозяйственных вредителей или заболеваний сельскохозяйственных культур на контрольных полях WUFMAS
- оценка степени ущерба сельскохозяйственным культурам (по 4-х бальной шкале) от пораженности болезнями и вредителями и применяемые методы борьбы с ними на контрольных полях WUFMAS

### *Метеоэлементы*

- текущая информация о ежедневных (в период вегетации) измерениях интенсивности испарения с водной поверхности испарителей класса «А» (установленных в каждом хозяйстве WUFMAS)
- текущая информация о среднемесячных значениях метеоэлементов, основывающаяся на данных наблюдений ближайших к хозяйствам WUFMAS государственных метеорологических станций
- среднемноголетние данные, характеризующие среднемесячные значения метеоэлементов ближайших к хозяйствам WUFMAS государственных метеорологических станций

### *Физические и химические свойства почв и воды*

- данные лабораторных исследований водно- физических свойств почв с контрольных полей WUFMAS

- данные полевых показаний пенетрометров (плотномеров) по почвенным горизонтам контрольных полей WUFMAS (измерения, проведенные весной 1997 г.)
- данные лабораторных исследований химических свойств почв с контрольных полей WUFMAS (весна-осень)
- данные полевых определений интенсивности инфильтрации оросительной воды в почву на типичных контрольных полях хозяйств WUFMAS (лето 1996 г.)
- данные лабораторных исследований содержания питательных элементов в почвах контрольных полей WUFMAS (весна-осень)
- данные лабораторных исследований физических и химических свойств воды с контрольных полей WUFMAS и оценка ее качества:
  - оросительной (весна-лето-осень)
  - дренажной (весна-лето-осень)
  - грунтовой(весна-лето-осень).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНОК

### Продуктивность использования оросительной воды по данным WUFMAS

Наряду с коэффициентами полезного действия элементов оросительных систем эффективность использования оросительной воды в орошаемом земледелии оценивается удельными затратами оросительной воды на единицу сельхозпродукции и «оплатой» единицы израсходованной оросительной воды урожаем сельхозкультур. В рамках подпроекта WUFMAS такая оценка по средневзвешенным показателям проведена для основных сельхозкультур региона на основе учетов и замеров на контрольных полях (таблица 2),

Наиболее представительными в этих оценках являются поля с хлопчатником. Средняя площадь контрольных полей составляла 8 га. В затратах оросительной воды учитывалась валовая водоподача на уровне водовыделов непосредственно на поля, включающая влагозарядковые поливы, зачастую совмещаемые с промывными поливами, и, собственно, вегетационные поливы.

В среднем по контрольным хозяйствам хлопководческого направления оросительная норма «брутто-поля» составила 7243 м<sup>3</sup>/га, в том числе – 2039 м<sup>3</sup>/га – промывка и влагозарядка и 5204 м<sup>3</sup>/га - вегетационные поливы. Таким образом, при средней урожайности хлопчатника, зафиксированной на уровне полей – 23.3 ц/га, затраты оросительной воды на единицу урожая - 311 м<sup>3</sup>/га при продуктивности воды, использованной на уровне поля – 0.32 м<sup>3</sup>/га. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.06 \$/м<sup>3</sup>.

Самые высокие затраты оросительной воды на уровне полей и низкая «оплата» воды урожаем в Республике Таджикистан (контрольные хозяйства Ленинадской области) – 825 м<sup>3</sup>/ц и 0.12 кг/ м<sup>3</sup>, соответственно. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.05 \$/м<sup>3</sup>.

Самые низкие – затраты оросительной воды и высокая «оплата» воды урожаем в Республике Казахстан – 160 м<sup>3</sup>/ц и 0.43 кг/ м<sup>3</sup>, соответственно. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.17 \$/м<sup>3</sup>.

Аналогичная оценка, предпринятая по озимой пшенице (47 полей со средней площадью 11 га в 17 хозяйствах региона) показала следующее. Средневзвешенная

**Таблица 2 ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР ПО ДАННЫМ КОНТРОЛЬНЫХ ПОЛЕЙ WUFMAS (период 01.10.96-30.09.97)**

**А) ХЛОПЧАТНИК**

Показатели (средневзвешенных оценок)		Единицы измерения	Республика Казахстан (2 хоз-ва)	Кыргызская Республика (2 хоз-ва)	Республика Таджикистан (2 хоз-ва)	Туркменистан (2 хоз-ва)	Республика Узбекистан (9 хоз-в)	Регион (17 хоз-в)
Количество контрольных полей		поле	13	13	10	9	52	97
Оросительная норма «брутто-поле»		м <sup>3</sup> /га	5750	9274	14198	7956	5339	7243
В том числе:	промывка+влагозарядка	м <sup>3</sup> /га	4573	0	0	1977	1999	2039
	(количество поливов)	(полив)	(1)	(0)	(0)	(1)	(1,4)	(0,9)
	вегетационные поливы	м <sup>3</sup> /га	1177	9274	14198	5979	3340	5204
	(количество поливов)	(полив)	(1,2)	(5,2)	(6,2)	(4,2)	(3,2)	(3,5)
Средний УГВ в вегетацию		м	2,4	>10	6,6	1,8	2,1	3,5
Урожайность		ц/га	25,0	24,1	17,2	27,5	23,2	23,3
Затраты оросительной воды на единицу продукции		м <sup>3</sup> /ц	230,5	385,5	824,5	289,2	230,6	310,9
Продуктивность оросительной воды		кг/м <sup>3</sup>	0,43	0,26	0,12	0,34	0,43	0,32
		\$/м <sup>3</sup>	0,22	0,14	0,08	0,10	0,12	0,12
Продуктивность орошаемых земель		\$/га	1291,4	1314,0	1192,2	760,5	652,7	860,9
Прибыль		\$/га	982,2	759,9	719,2	483,0	250,7	466,8
		\$/м <sup>3</sup>	0,17	0,08	0,05	0,06	0,05	0,06

**Б) ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА**

Показатели (показатели средневзвешенных оценок)		Единицы измерения	Республика Казахстан (2 хоз-ва)	Кыргызская Республика (3 хоз-ва)	Республика Таджикистан (2 хоз-ва)	Туркменистан (2 хоз-ва)	Республика Узбекистан (8 хоз-в)	Регион (17 хоз-в)
Количество контрольных полей		поле	2	8	6	8	24	48
Оросительная норма «брутто-поле»		м <sup>3</sup> /га	978	4368	7047	7637	3727	4575
(Количество поливов)		(полив)	2,0	2,1	4,1	4,6	4,3	3,8
Средний УГВ в вегетацию		м	1,6	>10	8,8	2,0	1,7	4,0
Урожайность		ц/га	8,8	29,1	21,3	17,4	23,1	22,3
Затраты оросительной воды на единицу продукции		м <sup>3</sup> /ц	110,6	150,0	331,3	438,9	161,1	207,8
Продуктивность оросительной воды		кг/м <sup>3</sup>	0,90	0,67	0,30	0,23	0,62	0,49
		\$/м <sup>3</sup>	0,29	0,10	0,04	0,02	0,09	0,07
Продуктивность орошаемых земель		\$/га	279,4	454,3	263,7	141,8	350,6	324,7
Прибыль		\$/га	85,2	148,3	34,9	-42,1	-109,0	-37,0
		\$/м <sup>3</sup>	0,09	0,03	0,005	-0,006	-0,03	-0,008

**В) РИС**

Показатели (средневзвешенных оценок)	Единицы измерения	Республика Казахстан (2 хоз-ва)	Республика Узбекистан (3 хоз-ва)	Регион (5 хоз-в)	Показатели (средневзвешенных оценок)	Единицы измерения	Республика Казахстан (2 хоз-ва)	Республика Узбекистан (3 хоз-ва)	Регион (5 хоз-в)
Количество контрольных полей	поле	14	9	23	Продуктивность оросительной воды	кг/м <sup>3</sup>	0,19	0,16	0,18
Оросительная норма «брутто-поле»	м <sup>3</sup> /га	17747	26103	19327		\$/м <sup>3</sup>	0,038	0,038	0,038
Средний УГВ в вегетацию	м	0,44	0,68	0,49	Продуктивность орошаемых земель	\$/га	674,9	1004,7	828,4
Урожайность	ц/га	33,2	41,9	34,9	Прибыль	\$/га	207,2	375,0	285,4
Затраты оросительной воды на единицу продукции	м <sup>3</sup> /ц	534,1	622,7	554,3		\$/м <sup>3</sup>	0,012	0,014	0,014

оросительная норма «брутто-поля» составила 4575 м<sup>3</sup>/га. При средней по региону урожайности 22.3 ц/га затраты оросительной воды – 208 м<sup>3</sup>/ц при продуктивности оросительной воды, использованной на уровне поля – 0.49 кг/ м<sup>3</sup>. Убытки на единицу затраченной воды составили – 0.008 \$/м<sup>3</sup>.

Самые высокие затраты оросительной воды на уровне полей и низкая «оплата» воды урожаем в Республике Туркменистан – 438 м<sup>3</sup>/ц и 0.23 кг/м<sup>3</sup>, соответственно. Убытки на единицу затраченной воды составили – 0.006 \$/м<sup>3</sup>.

Наибольшие убытки в расчете на единицу затраченной воды отмечались в Узбекистане – 0.03 \$/м<sup>3</sup>.

Самые низкие – затраты оросительной воды и высокая «оплата» воды урожаем в Республике Казахстан – 111 м<sup>3</sup>/ц и 0.90 кг/ м<sup>3</sup>, соответственно. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.09 \$/м<sup>3</sup>.

На стоимостные показатели оценок продуктивности, как видно, существенно влияет ценовая политика в сельском хозяйстве проводимая Государствами Центральной Азии.

### **Продуктивность использования земли и оценка, влияющих на нее факторов <sup>\*)</sup>**

Продуктивность земли определяется величиной конечного продукта сельскохозяйственного производства. Выход сельскохозяйственного продукта зависит от ряда факторов, которые можно разделить на природно-климатические и организационно-производственные. Невысокое естественное плодородие зональных почв должно поддерживаться постоянным внесением питательных элементов.

Ситуация в обеспечении ресурсами в хозяйствах WUFMAS отражает картину, сложившуюся в республиках ЦАР.

Из питательных элементов, необходимых для растений, вносится преимущественно азот. Доля азотных удобрений составляла 80-100% от всех удобрений, хотя и его количества было недостаточно, особенно в Казахстане и Туркменистане.

Фосфор вносился в составе сложных удобрений (аммофос, диамоний фосфат) в течение вегетации, осеннее внесение суперфосфата под вспашку, предусмотренное технологией, не выдерживается.

Калийные удобрения находились в значительном дефиците и практически не вносились, хотя только половину суммарной площади контрольных полей (48%) можно отнести к достаточно обеспеченным калием.

Недостаточное снабжение удобрениями привело к снижению содержания подвижного фосфора и калия в почве по отдельным хозяйствам на 65% и 50 % соответственно.

Засоление земель (из общей площади контрольных полей – сильнозасоленных: 13% в Казахстане, 9% в Узбекистане, по 2% в Туркменистане и Таджикистане) и неработающий дренаж (46% закрытого и 32% открытого) создают неблагоприятную мелиоративную обстановку.

Наблюдается тенденция увеличения засоления почв. По данным измерений электропроводимости почвенных растворов средняя величина засоления по полям возросла на 51% за два года <sup>\*\*)</sup>.

Критическая ситуация сложилась в системе защиты растений.

Несмотря на появление значительного ассортимента ядохимикатов, применение их затруднено из-за высокой стоимости самих ядохимикатов и авиаобработки.

На полях в незначительных количествах использовались инсектициды, (преимущественно на хлопчатнике), гербициды практически не использовались, хотя засоренность полей и пораженность болезнями и вредителями диктовала в этом необходимость.

<sup>\*)</sup> Анализы и оценки выполнены членом РРГ WUFMAS – к.б.н. Г.В.Стулиной

<sup>\*\*)</sup> Химические и физические анализы почв выполнялись Региональной лабораторией WUFMAS под руководством – к.с.-х.н. Ю.И.Широковой

Так, например, поля, пораженные хлопковой совкой, были обработаны в Казахстане на 100%, в Кыргызстане только на 62%, в Узбекистане на 42%.

Данные, характеризующие состояние машинотракторного парка показали, что в рабочем состоянии находятся 75 % наличных тракторов.

Состояние комбайнов и других самоходных машин менее благоприятное. В среднем только 61% их общего количества находится в рабочем состоянии.

Обращает на себя внимание неэффективное использование дорогостоящей импортной техники. Только в случае увеличения ее производительности в 7-8 раз использование ее может стать выгодным.

Валовая прибыль \$/га, полученная как разница между доходом и переменными затратами на поле на производство сельхозкультуры, позволяет оценить выгоду от производства конкретной культуры.

Анализ валовой прибыли показывает, что наиболее выгодной и стабильной культурой является хлопчатник.

Значительная разница валовой прибыли по республикам (**таблица 2**) объясняется, как уже отмечалось, варьированием закупочной цены, которая была в хозяйствах Узбекистана в среднем 244 \$/т, Кыргызстана 493 \$/т, Казахстана 426 \$/т, Туркменистана 247 \$/т, Таджикистана 597 \$/т хлопка-сырца.

Валовая прибыль по рису была положительной для всех хозяйств и составила 309,5 \$/га.

Производство пшеницы в хозяйствах Туркменистана и Узбекистана (за исключением контрольных хозяйств в Бухарской и Хорезмской областях) по данным оценок нерентабельно для хозяйств, затраты на ее производство превышают полученный доход.

Высокую валовую прибыль получили хозяйства Кыргызстана, выращивающие семенную кукурузу, пшеницу и Туркменистана - семенную люцерну.

Анализ чувствительности к изменениям урожая, закупочной цены и переменных затрат показывает, что производство хлопчатника и риса достаточно стабильные.

Валовая прибыль остается положительной даже при увеличении переменных затрат на 25-50% и снижении урожайности и закупочной цены на 15%, что нельзя утверждать относительно люцерны и озимой пшеницы.

## **Основные результаты оценок эффективности орошения**

### **Проблема водосбережения по оценкам WUFMAS**

Важность и актуальность проблемы водосбережения для Центрально-Азиатского региона, основным водопотребителем в экономике стран которого является орошаемое земледелие, не вызывает сомнения. Становится бесспорным, что устойчивость дальнейшего развития стран Центральной Азии возможно обеспечить только за счет повышения продуктивности орошаемых земель и снижения до оптимального уровня затрат оросительной воды на единицу сельхозпродукции.

Драматичность нынешней ситуации в водопользовании региона, как показывают оценки, выполненные в рамках подпроекта WUFMAS по двадцати двум хозяйствам в репрезентативных зонах региона, заключается в том, что в условиях лимитирования водоподдачи водопотребителям дефицит водообеспечения сельскохозяйственных культур усугубляется крайне нерациональным водопользованием на внутривозделном уровне.

Основная сумма потерь складывается во внутривозделной (бывшей) оросительной сети и на поле. При этом сверхнормативные потери в обоих этих звеньях в среднем составляют 4436 м<sup>3</sup> /га или 37 % от общей водоподдачи к контурам хозяйств.

По ориентировочным расчетам, выполненным в рамках WUFMAS на основе прямых измерений на уровне полей и привлекаемых «косвенных» показателей (**таблица 3**) сверх потерь оросительной воды, обусловленных нынешним уровнем внутривозделных систем орошения, теряется в среднем 21 % оросительной воды, поданной в поля.

В зонах с относительно близким залеганием грунтовых вод к поверхности примерно половина потерь возвращается затем в виде капиллярного подпитывания корнеобитаемой зоны. Эта прибавка несколько повышает общую эффективность использования оросительной воды, но не вписывается в оптимальные мелиоративные режимы, предотвращающие процессы засоления почв и ухудшение качества поверхностных и подземных вод.

Большая часть «сверхнормативных» потерь (порядка 20 % от водоподачи в контур хозяйств) в Кыргызской Республике и Республике Таджикистан вызваны нерациональными элементами техники полива на землях с большими уклонами.

В срединных частях и низовьях бассейнов рек большая часть потерь оросительной воды приходится на системы транспортировки ее от водовыделов в хозяйства до полей. Эти потери сверх оправданных техническим уровнем транспортирующих воду каналов, сопряжены с так называемыми организационными потерями. Составляют они 15-35 % от водоподачи в контур хозяйств. Вызваны они практически полным отсутствием учета и управления водой на внутривладельческом уровне и крайне нерациональной организацией поливов.

Нередко (особенно в зонах нового освоения) значительная часть воды транзитом направляется в сброс, в то же время в напряженные фазы вегетации из-за отсутствия водооборота поля испытывают дефицит оросительной воды. Об этом также свидетельствуют проведенные для характерных полей хлопчатника, расположенных в разных природно-климатических зонах региона, расчеты, проведенные WUFMAS с использованием программы CROPWAT (FAO).

Во многих хозяйствах, расположенных в низовьях и срединных частях бассейнов рек водопотребность сельхозкультур удовлетворяется в основном за счет капиллярной подпитки из грунтовых вод.

Из-за нерациональной организации орошения складывается несколько парадоксальная картина – коэффициент использования оросительной воды, поданной в поле, составляет в среднем 0.5 (в трех республиках 0.57-0.58, в двух 0.33-0.34) и в то же время дефицит водопотребления сельхозкультур достигает 30-56 %.

Как следствие, нарушение оптимальных мелиоративных режимов из года в год провоцирует процессы засоления и падения урожайности сельхозкультур.

### **Оценка фактической эффективности вегетационных поливов на уровне поля**

Оценка фактической эффективности вегетационных поливов для выбранных в качестве примера хозяйств и полей WUFMAS-97 приведена в **таблице 4** (исходные данные см. Приложение 1).

Общей закономерностью для всех полей является очень низкое **КПД<sub>поля</sub>** при первом вегетационном поливе (2-16 %). Связано это в основном с несоответствием больших поливных норм «брутто» (140-176 мм) небольшому расчетному слою увлажнения (0.30-0.35 м). Полив в этот период по очень мелким бороздам (~10 см) на фоне неудовлетворительной планировки обуславливает применение очень маленьких поливных струй и как следствие затягивание длительности полива и чрезмерные нормы добегаания. К концу вегетации **КПД** несколько возрастают, т.к. поливные нормы «брутто» начинают в большей степени соответствовать увеличившемуся расчетному слою и в максимуме достигают 60-66 % в хозяйствах, расположенных в зонах малоуклонных и безуклонных орошаемых земель (хозяйства 23;17;36) и 40-53 % в хозяйствах, расположенных в зонах больших уклонов. В целом же за вегетационный период средневзвешенное **КПД<sub>поля</sub>** остается низким (21-40 %).

Для более полной оценки воспользуемся результатами расчетов элементов водного баланса.

Таблица 3. ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ УРОВНЕЙ "ВОДОВЫДЕЛ В ХОЗЯЙСТВО - ВОДОВЫДЕЛ НА ПОЛЕ - КОРНЕОБИТАЕМАЯ ЗОНА СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР" ПО ДАННЫМ КОНТРОЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВ WUFMAS (ЗА ПЕРИОД 01.10.96-30.09.97)

Зона	Тип почв	Гидроморфный район	Подано воды к контуру хозяйства	Потери во внутрихозяйственной сети при транспортировке до орошаемых полей (от носительно водоподачи в хозяйство)							Подано воды к орошаемым полям	Потери в процессе полива на полях (относительно водовыдела на поле)						Подано орошением в корнеобитаемую зону растений	СУММА «СВЕРХНОРМАТИВНЫХ» ПОТЕРЬ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ (относительно водоподачи в хозяйство)		
				ВСЕГО	в том числе				ВСЕГО	в том числе											
					«нормативные»	«сверхнормативные»		«нормативные»		«сверхнормативные»											
[м³/га]	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	[м³/га]	%			
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН																					
01	С-I	А	IX	29831	17744	59	8949	30	8794	29	12087	5802	48	5802	48	0	0	6285	8794	29 (0)*	
02	С-I	А	IX	22357	13479	60	6707	30	6771	30	8879	4262	48	4262	48	0	0	4617	6771	30 (0)	
03	Ц-II	Б	V	6903	3547	51	1381	20	2167	31	3356	470	14	470	14	0	0	2886	2167	31 (0)	
04	Ц-II	Б	V	9559	6250	65	2390	25	3860	40	3310	993	30	463	14	530	16	2317	4390	46 (6)	
Средние по 4-ем хоз-ам:				17163	10255	60	4857	28	5398	31	6908	2882	42	2749	40	132	2	4026	5530	32 (1)	
КИРГИЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА																					
07	Ц-I	Б	III	3481	1256	36	940	27	316	9	2226	1447	65	668	30	779	35	779	1095	31 (22)	
08	Ц-I	Б	III	10441	7374	71	2819	27	4555	44	3067	2055	67	920	30	1135	37	1012	5690	54 (11)	
09	Ц-II	В	III	10209	2079	20	1531	15	548	5	8129	4959	61	2601	32	2357	29	3170	2906	28 (11)	
10	Ц-II	В	III	13838	5715	41	4151	30	1563	11	8123	6011	74	2518	31	3493	43	2112	5056	37 (25)	
Средние по 4-ем хоз-ам:				9492	4106	43	2360	25	1745	18	5386	3618	67	1677	31	1941	36	1768	3687	39 (20)	
РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН																					
14	Ц-II	В	II	17933	5987	33	5380	30	607	3	11946	7526	63	4540	38	2987	25	4420	3594	20 (17)	
37	Ц-II	В	II	17737	6509	37	5144	29	1365	8	11228	7860	70	4267	38	3593	32	3368	4958	28 (20)	
Средние по 2-ум хоз-ам:				17835	6248	35	5262	30	986	6	11587	7693	67	4403	38	3290	29	3894	4276	24 (18)	
ТУРКМЕНИСТАН																					
17	Ю-II	А	VIII	7265	3124	43	2906	40	218	3	4141	2236	54	911	22	1325	32	1905	1543	21 (18)	
18	Ю-	А	V	7703	3875	50	1849	24	2026	26	3828	1187	31	766	20	421	11	2641	2447	32 (5)	

Зона	Тип почв	Гидрологический район	Подано воды к контуру хозяйства	Потери во внутрихозяйственной сети при транспортировке до орошаемых полей (от носительно водоподачи в хозяйство)							Подано воды к орошаемым полям	Потери в процессе полива на полях (относительно водовыдела на поле)						Подано орошением в корнеобитаемую зону растений	СУММА «СВЕРХНОРМАТИВНЫХ» ПОТЕРЬ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ (относительно водоподачи в хозяйство)		
				ВСЕГО	в том числе				ВСЕГО	в том числе											
					«нормативные»		«сверхнормативные»			«нормативные»		«сверхнормативные»									
[м³/га]	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	%	[м³/га]	[м³/га]	%			
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	II																				
<b>Средние по 2-ум хоз-ам:</b>				<b>7484</b>	<b>3499</b>	<b>47</b>	<b>2377</b>	<b>32</b>	<b>1122</b>	<b>15</b>	<b>3984</b>	<b>1711</b>	<b>43</b>	<b>838</b>	<b>21</b>	<b>873</b>	<b>22</b>	<b>2273</b>	<b>1995</b>	<b>27 (12)</b>	
<b>РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН</b>																					
21	Ю-II	A	III	<b>15293</b>	9712	64	2753	18	6960	46	<b>5581</b>	2232	40	1172	21	1060	19	3349	8020	52 (7)	
22	Ю-II	A	V	<b>14341</b>	8668	60	2868	20	5800	40	<b>5673</b>	1702	30	1021	18	681	12	3971	6480	45 (5)	
23	Ц-II	B	V	<b>8024</b>	5448	68	2006	25	3441	43	<b>2577</b>	1082	42	515	20	567	22	1495	4008	50 (7)	
24	Ц-II	B	V	<b>7246</b>	5354	74	1522	21	3832	53	<b>1892</b>	719	38	378	20	341	18	1173	4173	58 (5)	
25	Ц-I	A	VII	<b>11074</b>	4289	39	1993	18	2296	21	<b>6785</b>	3189	47	1289	19	1900	28	3596	4196	38 (17)	
26	Ц-I	A	VII	<b>18421</b>	10031	54	3868	21	6162	33	<b>8390</b>	4866	58	1846	22	3020	36	3524	9183	50 (16)	
27	С-II	A	V	<b>2761</b>	1083	39	966	35	117	4	<b>1678</b>	84	5	84	5	0	0	1594	117	4 (0)	
28	С-II	A	VII	<b>6752</b>	2149	32	1688	25	461	7	<b>4603</b>	2118	46	2118	46	0	0	2486	461	7 (0)	
35	Ц-II	A	V	<b>12858</b>	8068	63	3472	27	4597	36	<b>4789</b>	1916	40	670	14	1245	26	2874	5842	45 (10)	
36	Ц-II	A	V	<b>12467</b>	7601	61	3366	27	4235	34	<b>4866</b>	2141	44	681	14	1460	30	2725	5694	46 (12)	
<b>Средние по 10-и хоз-ам:</b>				<b>10924</b>	<b>6240</b>	<b>57</b>	<b>2450</b>	<b>22</b>	<b>3790</b>	<b>35</b>	<b>4683</b>	<b>2005</b>	<b>43</b>	<b>978</b>	<b>21</b>	<b>1027</b>	<b>22</b>	<b>2679</b>	<b>4817</b>	<b>44 (9)</b>	
<b>Среднее по 22-м хоз-ам:</b>				<b>12113</b>	<b>6334</b>	<b>52</b>	<b>3120</b>	<b>26</b>	<b>3213</b>	<b>26</b>	<b>5780</b>	<b>2948</b>	<b>51</b>	<b>1826</b>	<b>30</b>	<b>1222</b>	<b>21</b>	<b>2832</b>	<b>4436</b>	<b>37 (10)</b>	

\*) - в скобках указана доля «сверхнормативных потерь», приходящаяся на технику полива

Ориентировочная оценка выполнена на основе прямых замеров объемов водоподачи на контрольные поля WUFMAS и экстраполяции средних замеренных величин на всю орошаемую площадь хозяйств.

Объем водоподачи в контур хозяйств принимался по отчетным данным хозяйств.

**Таблица 4. Сопоставительная оценка фактических режимов поливов с рекомендуемыми для потенциального уровня водопотребления хлопчатника на основе программы CROPWAT**

Хоз-во	Поле	ФАКТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ПОЛИВОВ					ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ПОЛИВОВ ПО РЕКОМЕНДАЦИЯМ CROPWAT				
		NN поливов	Дата полива	Межполивной период	Поливная норма брутто	КПД каждого из поливов	NN поливов	Дата полива	Межполивной период	Поливная норма брутто	КПД каждого из поливов
				[сутки]	[мм]	[%]			[сутки]	[мм]	[%]
9	4			15					88		70
		1	01.05.97	43	259	10.4	1	13.07..97	23	154	
		2	13.06.97	26	204	9	2	05.08..97	26	154	
		3	09.07.97	14	204	30	3	31.08.97	44	148	
		4	23.07.97	15	201	33.3					
		5	07.08.97	68	173	40					
10	8			17					88		70
		1	02.05.97	22	194	16	1	12.07.97	26	176	
		2	24.05.97	30	184	0.9	2	07.08.97	32	172	
		3	23.06.97	12	189	25.2	3	08.09.97	29	177	
		4	05.07.97	27	176	26.5					
		5	01.08.97	67	146	53.3					
17	5			56					69		70
		1	06.06.97	27	204	8.7	1	19.06.97	17	140	
		2	03.07.97	30	131	63.6	2	06.07.97	19	143	
		3	02.08.97	21	139	63	3	25.07.97	19	145	
		4	23.08.97	54	143	30.3	4	13.08.97	21	143	
							5	03.09.97	43	142	
23	7			15					77		70
		1	05.05.97	53	157	1.8	1	06.07.97	24	160	
		2	27.06.97	10	170	20.5	2	30.07.97	26	162	
		3	07.07.97	87	83	60.6	3	25.08.97	38	159	
36	8			63					70		70
		1	18.06.97	29	156	6.6	1	25.06.97	17	148	
		2	17.07.97	24	156	49.2	2	12.07.97	17	157	
		3	10.08.97	72	139	65.6	3	29.07.97	18	148	
									4	16.08.97	21
							5	06.09.97	45	150	

В хозяйствах, расположенных в зонах **больших** уклонов (хозяйства 09;10) примерно 50% процентов водопотребления покрывается вегетационными поливами и по 25% приходится на осадки и используемые запасы почвенной влаги. Нормы «брутто» почти вдвое превышают норму водопотребления. Большие потери на поверхностный сброс за пределы

**Таблица 5. Водный баланс корнеобитаемой зоны с использованием программы CROPWAT (FAO)**

Хозяйство. Поле	Водопотребление хлопчатника в период вегетации (по CROPWAT) На максимум урожая		Фактические показатели					Оптимизированные показатели при КПД=70%				
			Водоподача «брутто» - поле	Элементы водного баланса корнеобитаемой зоны				Водоподача «брутто» - поле	Элементы водного баланса корнеобитаемой зоны			
				Оросительная вода аккумуляционная при поливах	Эффективные осадки	Подпитка из грунтовых вод	Использованные запасы почвенной влаги		Оросительная вода аккумуляционная при поливах	Эффективные осадки	Подпитка из грунтовых вод при УГВ=2.5 м	Использованные запасы почвенной влаги
[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]	[мм]
09.04	528	493	1042	254	122	0	117	455	319	122	0	87
10.08	537	531	889	275	126	0	130	525	367	126	0	44
17.05	854	843	617	242	73	420	108	712	499	73	165	117
23.02	620	407	410	88	110	184	25	481	337	110	96	77
36.08	878	762	450	178	82	367	135	759	532	82	164	100
<b>СРЕД.</b>	<b>683</b>	<b>607</b>	<b>682</b>	<b>207</b>	<b>103</b>	<b>194</b>	<b>103</b>	<b>586</b>	<b>411</b>	<b>103</b>	<b>85</b>	<b>85</b>

орошаемого поля и несколько меньшие на глубинную инфильтрацию за пределы корнеобитаемой зоны.

В хозяйствах, расположенных в зонах **безуклонных** орошаемых земель (хозяйства 17;36) основной статьей «покрытия» водопотребления хлопчатника является капиллярная подпитка из близко расположенных грунтовых вод (средневзвешенный УГВ за вегетацию - 1.7 м). При чем формируются они как за счет повышенной глубинной инфильтрации на самих полях при распространенных здесь поливах по так называемым встречным бороздам, так и за счет потерь из необлицованной оросительной сети и притока со смежных орошаемых полей.

В хозяйстве, расположенном в зоне **малых** уклонов (хозяйство 23) основной статьей «покрытия» водопотребления хлопчатника также, хотя и в несколько меньшей степени является капиллярная подпитка из грунтовых вод (средневзвешенный УГВ за вегетацию – 2.2 м). Низкое **КПД**<sub>поля</sub> на фоне совершенной оросительной сети (железобетонные лотки) и дренажа (закрытый горизонтальный дренаж) обусловлено в основном крайней рассогласованностью хода водопотребления хлопчатника и фактического графика проведения поливов.

### Вариант оптимального графика полива

Какой оптимальный сценарий для графиков орошения можно рекомендовать для рассматриваемых хозяйств (при известных, используемых в данном примере, метеорологических факторах 1997 года и водно-физических свойствах почв) и какие предварительные условия необходимо при этом обеспечить?

За основной вариант примем вариант, при котором дата и норма очередного полива назначаются при исчерпании в корнеобитаемой зоне запасов легко доступной влаги (60-65 % запасов доступной почвенной влаги).

Так как нормально работающий дренаж в зонах **малых** уклонов и **безуклонных** орошаемых земель должен для предотвращения процессов засоления обеспечить залегание уровня грунтовых вод (УГВ) не ближе 2.5 м от поверхности поля, примем это в качестве условия ОБ УЧАСТИИ ПРОГРАММ WUFMAS (TACIS) и А-2(GEF) В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ

для всей вегетации. В свою очередь это и предпосевное глубокое рыхление, т.е. ликвидация переуплотненных плужных подошв, позволит увеличить глубину корневой зоны до 1 м.

Для зон **больших** уклонов как следует из обзора фактических графиков полива необходимо, прежде всего, обеспечить повышение  $KPD_{\text{поля}}$  до вполне реального в этих условиях значения  $KPD_{\text{поля}}=70\%$ . Достичь это можно применяя схемы так называемого ярусного полива. Так, по одной из таких схем, орошаемое поле разбивается выводными бороздами на 3-4 яруса. По центру поливных делянок трассируются «шох»-арыки. Полив по коротким 60-70 м бороздам начинается с первого яруса, на следующем ярусе заправляются оголовки борозд. После добегаания поливных струй до выводной борозды второго яруса образующийся сброс направляется в выводную борозду и дополняет расход, забираемый из «шох»-арыка. В такой последовательности проводится полив на последующих ярусах. Ярусный полив, позволяет добиться равномерного увлажнения поливной делянки и существенно сократить поверхностный сброс, т.к. за пределы поля сброс будет производиться только с борозд последнего яруса.

Для зон **безуклонных** орошаемых земель обеспечить повышение  $KPD_{\text{поля}}$  при удовлетворительной равномерности увлажнения, можно применяя схему полива по встречным бороздам, но необходимо, чтобы глубина борозд была не менее 20-25 см, т.е. чтобы борозда имела необходимую аккумулялирующую емкость для размещения объемов воды, не впитавшихся на момент прекращения водоподачи. При соблюдении этого условия возможно применение больших поливных струй ( $q=0.7-1.5$  л/с) и сокращение длительности полива, что позволит создать равномерный фон увлажнения. Сев хлопчатника желательно производить по заранее подготовленным гребням, это позволит обеспечить равномерные всходы и в последующем применять глубокие борозды.

Для зон **малых уклонов** обеспечить повышение  $KPD_{\text{поля}}$  можно, применяя схему полива по коротким (100-150 м) тупиковым бороздам, аналогично предыдущему необходимо, чтобы глубина борозд была не менее 20-25 см.

Применяя перечисленные условия в качестве исходных и допуская, что исходная почвенная влага на дату сева сформированная осадками и влагозарядковым поливом составляет 90 % от легко доступной влаги, по программе CROPWAT рассчитаны оптимальные графики поливов для максимального в данных условиях уровня урожая (**таблица 4**).

Первые вегетационные поливы начинаются в фазу цветения и далее проводятся с межполивными интервалами 23-32 суток в зоне **больших** уклонов и 17-26 суток в зоне **малых** уклонов и **безуклонных** орошаемых земель, это позволит стимулировать максимальное развитие корня вглубь на первых стадиях роста.

В зоне **больших** уклонов (хоз-ва 09;10) количество вегетационных поливов сокращается до трех, а поливные нормы «брутто» не превышают 155-177 мм.

В зоне **безуклонных** орошаемых земель (хоз-ва 17;36) количество вегетационных поливов увеличивается до пяти, а поливные нормы «брутто» не превышают 140-165 мм. Однородность оптимизированных для каждого из хозяйств поливных норм существенно упрощает управление водоподачей и повышает маневренность управления.

Соотношение между элементами «покрытия» водопотребления хлопчатника (**таблица 5**) претерпевают изменение в сторону увеличения полезно используемой влаги аккумулялированной при поливах в пределах корнеобитаемой зоны от 1.3 раза (хоз-ва 09;10) до 3.8 раз (хоз-во 23) и сокращения в 2 – 2.5 раза капиллярной подпитки из грунтовых вод (хоз-ва 17;23;36).

## **Оценка «дефицит-излишек» водоподачи**

Сопоставление балансов корнеобитаемой зоны при фактических показателях, зафиксированных на полях WUFMAS в 1997 и оптимизированных приведено в **таблице 6**. Оценка «дефицит-излишек» водоподачи на максимальный уровень урожайности показывает:

**Таблица 6. Оценка «дефицит-излишек» водоподачи в вегетационный период на орошение хлопчатника**

Хозяйств. Поле	Урожайность хлопчатника		Средневзвешенное фактическое КПДполя [%]	«Дефицит(-) - Излишек(+)» водоподачи при максимальной урожайности	
	Фактическая	Максимум по CROPWAT в данных условиях		При фактическом КПД поля	При КПД поля =70% и УГВ не выше 2.5 м
	[ц/га]	[ц/га]		[мм]	[мм]
09.04	26.5	30	24	-35	587
10.08	24.4	30	31	-6	364
17.05	36.2	37	39	-11	-95
23.02	19.0	30	21	-213	-71
36.08	32.1	36	40	-116	-309
<b>СРЕД.</b>	<b>27.6</b>	<b>33.5</b>	<b>31</b>	<b>-76</b>	<b>95</b>

- при фактических  $KПД_{\text{поля}}$  дефицит водоподачи в вегетационный период изменяется от 6 мм (хоз-во 10) до 213 мм (хоз-во 23);
- при оптимизированных элементах водного баланса и оптимальном  $KПД_{\text{поля}}=70\%$  объем возможной экономии оросительной воды (относительно водоподачи «брутто» зафиксированной в 1997 году) составляет от 364 мм (хоз-во 10) до 587 мм (хоз-во 09). В остальных хозяйствах дефицит водопотребления изменяется от 71 мм (хоз-во 23) до 309 мм (хоз-во 36).

Анализ выполненный WUFMAS по результатам вегетационного периода 1997 года показал, что в большинстве случаев дефицит водопотребления на уровне орошаемых полей провоцируется большими организационными потерями между водовыделом в хозяйство и полем. В среднем по региону эти потери (сверх потерь обусловленных техническим уровнем оросительной сети) составляют 37 % от водоподачи в контур хозяйств. Таким образом, при четкой организации внутрихозяйственного водопользования в большинстве случаев возможно обеспечить бездефицитное орошение. Достигается это организацией сосредоточенных поливов на землях, подвешенных к участковым оросителям, введением водооборота между участковыми оросителями и внутрихозяйственными каналами и совершенствованием технологических схем полива на фоне улучшенной агротехники.

### Результаты осуществления рекомендаций WUFMAS

В вегетационный период 1999 года на демонстрационных полях (8 полей хлопчатника и одно поле риса), расположенных в 9 хозяйствах региона (таблица 1) началась практическая реализация, разработанных рекомендаций по повышению продуктивности оросительной воды.

Предварительно были выполнены технико-экономические оценки семи различных сценариев и из них выбран сценарий, предусматривающий снижение затрат оросительной воды с одновременным повышением урожайности сельхозкультур за счет улучшенной агротехники. Особое внимание было уделено предпосевной подготовке почвы, а в период вегетации оптимизации элементов техники полива, т.е. оптимизации сочетаний поливных норм, расходов в борозды и длин борозд для данных уклонов и водопроницаемости почв. Кроме того, квалифицированно была поставлена работа по защите растений. Нормы и сроки поливов назначались дифференцированно в зависимости от развития растений и хода изменений метеоэлементов вегетационного периода.

Контролем для каждого такого поля являлось поле, располагавшееся в сходных почвенно-мелиоративных условиях, но где все операции выполнялись по обычной принятой в данном хозяйстве технологии.

Сравнение результатов полученных на демонстрационных и контрольных полях приведенное в **таблице 7** подтверждает правильность разработанных рекомендаций и самое главное их практическую осуществимость без существенных капитальных затрат, т.е. в основном за счет повышения эффективности управления факторами сельхозпроизводства.

На семи демонстрационных полях с хлопчатником, приведенных для иллюстрации в таблице 7, урожайность возросла в сравнении с контролем в среднем на 86.5 %, при этом затраты воды на единицу сельхозпродукции сократились на 51.7 %, а продуктивность использования единицы оросительной воды в стоимостном выражении возросла более, чем в 2.5 раза.

На каждом демонстрационном участке были организованы семинары для работников хозяйств, руководителей органов управления сельским и водным хозяйством. Участниками семинаров отмечалась практическая значимость работ WUFMAS, направленных на повышение продуктивности орошения и конкретные результаты водосбережения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Экологическое равновесие и устойчивость экономического развития стран бассейна Аральского моря во многом определяются степенью эффективности использования водных ресурсов и особенно в орошаемой земледелии, являющимся основным потребителем водных ресурсов в странах Центральной Азии.

Особенности климатических и гидрогеологических условий большей части региона определяют подверженность орошаемых земель засолению, как под воздействием естественных процессов испарения и напорности минерализованных подземных вод, так и под влиянием орошения вследствие высокой испаряемости и отсутствия (или недостаточности) естественного оттока. Исторически сложившаяся в регионе распространенность самотечных оросительных систем и поверхностных способов орошения, требования промывного режима орошения сельскохозяйственных культур обуславливают повышенные удельные затраты воды на орошение. Кроме того, порядка 80 % внутрихозяйственной оросительной сети представлено земляными руслами, т.е. имеет повышенную фильтрацию.

При поверхностном орошении трудно избежать потерь питательных элементов и химелиорантов за пределы корнеобитаемой зоны. Как следствие, происходит загрязнение поверхностных водотоков, являющихся основным источником водоснабжения для значительной части населения. Ухудшается экологическая обстановка, как на массивах орошения, так и за их пределами. Создается напряженность в социально-экологической обстановке, т.к. экологическое ухудшение среды обитания провоцирует возникновение инфекционных и онкологических заболеваний населения.

Стабилизировать обстановку возможно внедрением в практику орошаемого земледелия водосберегающих технологий и мероприятий.

Рациональное водопользование и водосбережение в орошении могли бы сэкономить значительное количество воды. Доказательством тому служит то, что предпринятыми мерами лимитирования водопользования удалось снизить удельные водозаборы на орошение, составлявшие в 1990 году - 13 тыс.м<sup>3</sup>/га до 11,1 тыс.м<sup>3</sup>/га в 1995 году.

Основными мероприятиями водосбережения на современном этапе развития являются:

- комплексная и частичная реконструкция (модернизация) оросительных систем;
- внедрение совершенной техники и технологии поливов;

- введение водооборотов и других организационных мер, направленных на борьбу с непроизводительными потерями воды во внутривозвращенной оросительной сети и на поле;
- создание системы пионерных проектов водосбережения, как первоочередных объектов показательного водопользования, призванных показать сельхозпроизводителям не только достижимость, но и экономическую эффективность водосбережения;
- жесткое нормирование водопотребления, на основе уточненных норм, рассчитанных в основном на удовлетворение минимальных биологических потребностей растений.

Ряд достаточно простых, не требующих существенных капитальных затрат организационных мер по водосбережению мог бы в определенной степени повысить эффективность водопользования и продуктивность орошения, однако масштабное водосбережение и улучшение качества земель возможно лишь путем значительных инвестиций в оросительную инфраструктуру и технологии.

Следует также иметь в виду, что при внедрении водосберегающих технологий два принципиальных положения усложняют их осуществление:

- проводимые мероприятия по водосбережению путем реконструкции и модернизации оросительных систем требуют затрат на один куб сэкономленной воды на уровне 1.0-1.4 \$ / м<sup>3</sup>;
- землепользователь напрямую не заинтересован в водосбережении, т.к. большая часть эффекта водосбережения способствует решению экологических и социальных задач стоящих перед обществом в целом.

Таким образом, повышение коэффициентов полезного действия межхозяйственных и внутривозвращенных оросительных систем, совершенствование техники и технологии полива, улучшение спланированности полей, частичная или комплексная реконструкция гидромелиоративных систем могут быть решены только с помощью государств за счет существенного увеличения капитальных вложений на эти цели, создания системы льготного кредитования этих мероприятий.

Учитывая важную роль орошаемого земледелия в экономике стран региона, необходимо создание государственной системы поддержки и развития водного и сельского хозяйства, направленную на повышение продуктивности орошаемых земель и оросительной воды.

Для этих целей целесообразно четко обозначить комплекс первоочередных приоритетных водосберегающих мероприятий и разработать целевые программы конкретных действий на ближайшую и отдаленную перспективы.

Возможный объем использования водосберегающих технологий ограничивается в настоящее время дефицитом финансовых средств и материальных ресурсов. В этих условиях важным становится выбор приоритетов. Первоочередными объектами применения водосберегающих технологий должны явиться:

- оросительные системы с хронически низкой водообеспеченностью;
- массивы, водоподача на которые связана с дорогостоящим машинным водоподъемом;
- орошаемые территории, представленные сильноводопроницаемыми почвогрунтами и сложным рельефом поверхности.
- орошаемые территории предгорий, т.к. расточительное водопользование на этих землях пагубно влияет на качество оросительной воды и экологическую обстановку в срединных и концевых частях бассейнов рек.