

Проект «Интегрированное управление водными ресурсами Ферганской долины»

# Руководство

## по внедрению интегрированного управления водными ресурсами

Том 2. Управление водой  
на ирригационных системах



<http://iwrn.icwc-aral.uz>

Ташкент - 2011 г.

**Швейцарское управление по развитию  
и сотрудничеству  
(SDC)**

**Межгосударственная координационная  
водохозяйственная комиссия  
(МКВК)**

**Научно-информационный центр МКВК  
(НИЦ МКВК)**

**Международный институт управления  
водными ресурсами  
(IWMI)**

**Проект «Интегрированное управление водными ресурсами  
в Ферганской долине»  
(ИУВР-Фергана)**

**Н.Н. Мирзаев**

**РУКОВОДСТВО  
ПО ВНЕДРЕНИЮ ИНТЕГРИРОВАННОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

**ТОМ 2. УПРАВЛЕНИЕ ВОДОЙ  
НА ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

**ТАШКЕНТ – 2011 г.**

**Подготовлено к печати Научно-информационным центром МКВК**

**Издается при финансовой поддержке Швейцарского управления по развитию и сотрудничеству**

**Данная публикация никак не отражает точку зрения Правительства Швейцарии**

### **Признательность**

Авторы выражают глубокую признательность SDC за финансовую поддержку проекта, а также со-директорам проекта проф. В. А. Духовному и д-ру Х. Мантритилаке.

Также мы благодарны национальным исполнителям проекта за их консультации и вклад в подготовку материалов для этой работы.

Кроме того, мы благодарим всех рецензентов за их замечания и предложения, а также всех, кто участвовал в подготовке данного руководства.

Дополнительную информацию по проекту «ИУВР-Фергана» можно получить на вебсайте:  
**<http://iwrm.icwc-ara1.uz>**

Замечания и предложения просим присылать на e-mail: **[nazir\\_m@icwc-ara1.uz](mailto:nazir_m@icwc-ara1.uz)**

## Оглавление

Предисловие .....	5
Введение.....	8
2. Планирование водопользования и водораспределения.....	21
2.1. Исходная и расчетная информация .....	23
2.2. Алгоритм расчета планов водопользования и водораспределения.....	24
2.3. Пример расчета планов водопользования и водораспределения .....	30
3. Проведение планов водопользования и водораспределения .....	37
3.1. Подготовка оросительной системы.....	40
3.2. Корректировка планов водопользования и водораспределения.....	43
3.2.1. Сезонная корректировка.....	45
3.2.2. Декадная корректировка.....	47
3.2.3. Внутридекадная корректировка.....	49
3.3. Расчет и организация водооборота.....	49
4. Мониторинг и оценка водопользования и водораспределения .....	60
4.1. Мониторинг .....	63
4.2. Показатели .....	65
4.2.1. Коэффициент водообеспеченности .....	65
4.2.2. Коэффициент суточной стабильности водоподачи .....	68
4.2.3. Коэффициент декадной стабильности водоподачи .....	69
4.2.4. Коэффициент равномерности водоподачи .....	71
4.2.5. Коэффициент равномерности «голова-конец».....	72
4.2.6. Коэффициент полезного действия (КПД).....	73
4.2.7. Удельная водоподача .....	76
4.2.8. Удельный водозабор (в ПК) .....	78
4.2.9. Коэффициент эффективности ирригации .....	78
4.2.10. Коэффициент продуктивности воды .....	79
4.2.11. Коэффициент собираемости платы за водные услуги.....	79
4.2.12. Удельные затраты на эксплуатацию и поддержание.....	79
4.3. Оценка водораспределения .....	80
4.3.1. Виды оценок .....	81
4.3.2. Порядок оценки .....	82

5. Приложения .....	84
Приложение 1 - Сокращения.....	85
Приложение 2 - Термины и определения .....	86
Приложение 3 - Классификация .....	90
Приложение 4 - Проблемы составления и проведения планов водопользования и водораспределения.....	94
Приложение 5 - ИУС «Фергана» .....	99
Приложение 6 - Режимы орошения сельхозкультур .....	101
Приложение 7 - Расчет поливных и декадных гидромодулей.....	104
Приложение 8 - Информация из теории и практики водооборота.....	106
Приложение 9 - ГОСТ 25855-83 Уровень и расход поверхностных вод.....	109
Приложение 10 - Формулы для расчета показателей водораспределения .....	112
Приложение 11 - Примеры мониторинга и оценки водораспределения .....	127
Приложение 12 - Диаграммы показателей водораспределения .....	137

## Предисловие

С сентября 2001 г. в Ферганской долине при финансовой поддержке Швейцарского управления по развитию и сотрудничеству (SDC) осуществляется проект «Интегрированное управление водными ресурсами в Ферганской долине» («ИУВР-Фергана»). Выполнение проекта возложено на Ассоциацию «ИВМИ-НИЦ МКВК».

Проект осуществляется при поддержке Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан, Министерства сельского, водного хозяйства и перерабатывающей промышленности Кыргызской Республики, Министерства мелиорации и водных ресурсов Республики Таджикистан.

Объектами проекта являются магистральные каналы Ферганской долины: Южно-Ферганский магистральный (ЮФМК), Араван-Акбура (ААК), Ходжа-Бакирган (ХБК).

Конечная цель проекта «ИУВР-Фергана» – сделать вклад в улучшение жизненного уровня, окружающей среды и социальной гармонии посредством реструктуризации сельской местности в республиках, которые принимают участие в проекте, а именно Кыргызстан, Узбекистан и Таджикистан. Данная реструктуризация включает в себя внедрение и пилотное испытание принципов ИУВР, включая как вовлечение водопользователей в деятельность институтов по руководству водой в Ферганской долине, так и совершенствование инструментов управления водой.

Цель проекта на уровне пилотных каналов заключается в повышении качества управления водораспределением на системах (каналах) на основе принципов стабильности, равномерности и эффективности водораспределения. Эта цель достигается путем деятельности, включающей следующие аспекты: организационный, технический, технологический и наращивание потенциала.

В рамках проекта «ИУВР-Фергана» рассмотрены как институциональные, так и технико-технологические аспекты управления водой. Настоящее Руководство посвящено технико-технологическим аспектам водораспределения.

Управление водораспределением включает этапы

- Составления планов водопользования и водораспределения.
- Проведения планов водопользования и водораспределения (корректировка, водооборот).
- Мониторинга и оценки.
- Принятия решения по водораспределению на следующий расчетный период.

Все эти этапы содержат определенные недостатки. С учетом этих недостатков в ходе реализации проекта «ИУВР-Фергана» была разработана и внедрена усовершенствованная система управления водой, включающая

- Информационно-управляющую систему (ИУС): модели и программы для планирования и оценки водораспределения.
- Систему индикаторов (показателей) водораспределения для оценки качества управления водой.
- Участие водопользователей в процессе принятия решений (через своих представителей в ВКК).

«ИУС–Фергана» содержит программы для расчета основных показателей водораспределения: водообеспеченность, стабильность, равномерность, КПД, удельная водоподача. В перспективе, по мере развития базы данных (БД) и программного обеспечения, состав используемых показателей может и должен расширяться.

Оценка водораспределения – это непростая задача; необходима как внутренняя, так и внешняя оценки водораспределения; показатели должны постоянно совершенствоваться и, в конечном счете, способствовать принятию решений, направленных на повышение продуктивности воды.

В процессе оценки водораспределения необходимо постоянно искать ответы на следующие вопросы: «Делаю ли я все правильно?», «Правильно ли вообще то, что я делаю?». Ответ на первый вопрос дает внутренняя оценка, а ответ на второй вопрос дает внешняя оценка. Отвечая на первый вопрос, вы оцениваете качество управления водой, а отвечая на второй вопрос, вы оцениваете качество руководства водой.

В настоящее время разработки проекта «ИУВР-Фергана» используются в работе Автоматизированных систем управления (АСУ), внедренных на ААК, ЮФМК и ХБК.

Как показали результаты мониторинга и оценки водораспределения, реформы на пилотных каналах положительно отразились на качестве управления водой: по всем трем пилотным каналам наблюдается тенденция к повышению стабильности и равномерности водоподачи и снижению удельной водоподачи.

Настоящее Руководство представляет собой новую версию «Руководства по эксплуатации...», доработанную в содержательном плане и в плане формы. Оно стало более доступным для пользователя. Кроме того, эта версия дополнена разделом, посвященным вопросам расчета и организации водооборота на ирригационных системах.

Руководство не является детальной инструкцией по управлению водой с набором всех типовых таблиц (форм) и справочных данных. Наша задача - дать в доступной форме лишь основы управления водой (с учетом наших рекомендаций) и повысить уровень знаний пользователя.

В Руководстве, в связи с ликвидацией колхозов (совхозов) и образованием вместо них объединений водопользователей, вместо выражения «хозяйственный план водопользования» используется выражение «план водопользования», а вместо выражения «системный план водораспределения» используется выражение «план

водораспределения» (имеется в виду план водораспределения по системе магистрального канала (МК)).

Так как основной формой объединений водопользователей в настоящее время в ЦАР является АВП, то в дальнейшем для простоты будем говорить только об АВП, имея в виду все виды объединений водопользователей. Аналогично, так как наиболее распространенной формой сельскохозяйственного предприятия является фермерское хозяйство (ФХ), то в дальнейшем будем говорить о фермерских хозяйствах, имея в виду все виды сельскохозяйственных предприятий.

Руководство предназначено для водников, водопользователей и других лиц, интересующихся вопросами управления водой. Для расширения кругозора читателей в приложениях Руководства приведена дополнительная информация.



## Введение

Главная задача эксплуатационной службы оросительных систем - создать условия для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях при условии эффективного использования водных и земельных ресурсов.

Для эксплуатации гидромелиоративных систем созданы специальные структуры (эксплуатационные организации) - управления ирригационных систем, управления каналов, гидротехнических узлов, водохранилищ и др.

### **В состав эксплуатационных организаций входят (прил. 3):**

- Объекты эксплуатации: технические устройства, предназначенные для забора, распределения, подачи и отвода воды - водохранилища, каналы, узловое сооружения, насосные станции, оросительная и осушительная сеть, коллекторы, дренажи, и др.
- Средства эксплуатации: устройства и оснащение, при помощи которых эксплуатируются технические устройства - посты для учета воды, скважины для наблюдений за уровнями грунтовых вод.
- Субъекты эксплуатации: эксплуатационный штат, который проводит работы по эксплуатации и поддержанию гидромелиоративной сети.

### **На работников службы эксплуатации возложены следующие обязанности:**

- Составление и осуществление планов водопользования и водораспределения (далее – планов), совершенствование поливной техники, борьба с потерями воды в системе.
- Проведение ремонта каналов, лотков, трубопроводов и сооружений, очистка каналов от наносов и растительности, проведение работ по лесонасаждениям вдоль каналов и на узловых сооружениях.
- Предупреждение засоления и заболачивания орошаемых земель, улучшение мелиоративного состояния земель, отвод сбросных вод за пределы системы.
- Защита каналов, сооружений и полос отчуждений от размыва и затопления паводковыми водами: оборудование точек выдела водомерами, совершенствование технических устройств системы, повышение уровня эксплуатации систем, внедрение достижений науки и техники, передового опыта.
- Внедрение механизации эксплуатационных работ, автоматизации и телемеханизации управления на системах.
- Проведение производственных исследований на системах в целях улучшения эксплуатации и совершенствования систем, проведение их паспортизации, кадастровые работы и учет орошаемых земель.

Настоящее «Руководство...» посвящено только вопросам составления, корректировки и реализации планов водопользования и водораспределения. В основе представленного «Руководства ...» лежит традиционная методика составления и корректировки планов водопользования и водораспределения.

Несмотря на то, что традиционная методика составления и корректировки планов водопользования и водораспределения имеет некоторые недостатки (прил. 4), она пока не имеет альтернативы, пригодной для практики водопользования и водораспределения.

Имеются недостатки и в организации планирования, а также в процессе реализации планов. Эти недостатки в зоне проекта «ИУВР-Фергана» частично решены путем создания «ИУС-Фергана» (прил. 5) и новых институциональных структур (АВП, СВК, ВКК).

Благодаря использованию ИУС планы водопользования становятся более детальными. Благодаря новым институциональным структурам повышается роль водопользователей в руководстве водой: они участвуют в процессе мониторинга, оценки и принятия решений по водораспределению.

Организационно-технологические этапы руководства и управления водой приведены в табл. 1.1. Союз водопользователей (магистрального) канала (СВК) принимает участие в принятии решений через своих представителей в ВКК.

**Таблица 1.1**

**Организационно–технологические этапы руководства и управления водой**

Этап	Вид деятельности	Исполнитель	Результат (выход)
1	Подготовка инфраструктуры УК к сезону (ремонт, очистка и т.д.)	УК, АВП	Рапорт от водопользователей (АВП, ширкаты) о готовности ГМС
2	Формирование исходной информации для составления ПВ	ВП	Исходная информация для ПВ
3	Составление ПВ (определение спроса на воду на расчетный период (год, сезон))	УК	ПВ
	Согласование ПВ с ВКК	ВКК	Протокол
4	Утверждение ПВ	УК	Утвержденный ПВ
5	Передача ПВ в вышестоящую ВХО	УК, ВХО	
6	Заключение договоров между УК и водопользователями (АВП, ширкат и прочие) на подачу воды	УК, ВП	Договора на водоподачу

Этап	Вид деятельности	Исполнитель	Результат (выход)
7	Заключение договоров между УК и ВХО на водозабор <sup>1</sup>	УК, ВХО	Договор (договора) на водозабор
8	Определение предложения (права на воду) по ПК (водозабор в ПК из источника орошения – канал, водохранилище)	ВХО	Расход (сток) воды на сезон
9	Сезонная корректировка ПВ (определение гарантированного водозабора в ПК и водоподачи из ПК – лимитный водозабор и водоподачи на сезон в разрезе декад вегетационного периода)	УК	Откорректированный сезонный ПВ
10	Согласование откорректированного ПВ с ВКК	ВКК	Протокол согласования
11	Утверждение откорректированного ПВ <sup>2</sup>	УК	Утвержденный откорректированный ПВ
12	Определение спроса на расчетную декаду (сбор заявок на воду) по группам отводов	ВП	Заявки ВП по группам отводов
13	Определение предложения (права на воду) по голове отводов ПК на расчетную декаду (в абсолютных и относительных величинах)	ВХО, водохранилище	Расход (сток) на расчетную декаду
14	Декадная корректировка ПВ (расчет лимита на расчетную декаду путем увязки права и заявки на воду) по группам отводов	УК	Декадные плановые лимиты
15	Уточнение спроса на воду (сбор заявок на внутридекадную корректировку ПВ; перераспределение воды между отводами водопользователя в пределах общего лимита на воду, установленного для водопользователя) по отводам	УК, ВП	Уточненные заявки на расчетную декаду
16	Внутридекадная корректировка ПВ (перераспределение воды между отводами водопользователя; уточнение лимитов по ВП/группам отводов)	УК	Уточненные лимиты в разрезе отводов
17	Передача откорректированного ПВ исполнителям (ГУ)	УК	
18	Водоподача по отводам в соответствии с утвержденным лимитом	УК	Акты подачи-приема воды
19	Мониторинг и контроль водораспределения (сбор данных по фактической водоподаче по отводам и водопользователям)	УК	Фактические данные
20	Расчет фактических значений права, заявки и	УК	Показатели

<sup>1</sup> В Кыргызстане и Таджикистане договор УК на водозабор и водоподачу заключается на плановый водозабор (водоподачу), а в Узбекистане на лимитный водозабор (водоподачу), установленный вышестоящей ВХО (позиция 9).

<sup>2</sup> Позиции 9-11 характерны только для Узбекистана.

Этап	Вид деятельности	Исполнитель	Результат (выход)
	лимита на воду и показателей водораспределения (стабильность среднесуточной водоподдачи в течение декады, водообеспеченность относительно плана (лимита), стабильность и равномерность водообеспеченности, КПД, удельный водозабор (водоподача))		водораспределения
21	Рабочие совещания (планерки, заседания правления ВКК, собрания ВКК) по анализу водораспределения (по ГУ и ВП) и принятие решения по улучшению водораспределения	УК, ВКК	Протокол совещания

*Понятия «руководство», «справедливость» и «право на воду» являются ключевыми. Введение понятия «квота (право) на воду», на наш взгляд, вносит ясность в понимание процесса корректировки ПВ. Однако, водники и водопользователи привыкли называть «лимитом» как то количество воды, на которое они имеют право, так и то количество воды, которое решено подать водопользователю после увязки «предложения» со «спросом», то есть с заявкой, хотя эти «лимиты» имеют разный смысл и могут не совпадать по значению. Поэтому введены термины – «лимит-квота» и «лимит-уставка».*

*Принцип равенства суммарной водообеспеченности можно также сформулировать как принцип равенства относительных ущербов от дефицита воды. Традиционный принцип пропорциональности можно рассматривать как частный случай принципа равенства суммарной водообеспеченности для случая, когда гидрогеологические условия зоны, подкомандной канату, слабо варьируют в пространстве и во времени (в течение вегетационного периода). Такая ситуация характерна для ААК и ХБК.*

*На настоящем этапе развития водораспределения в ЦАР критерием справедливости является равномерность водоподачи. Принцип равномерности противоречит принципу экономической оптимальности. Снять это противоречие возможно в будущем через внедрение таких понятий и процессов как фиксированное право на воду, рынок права на воду и торговля правом на воду.*

## Водохранилища



Токтогульское водохранилище

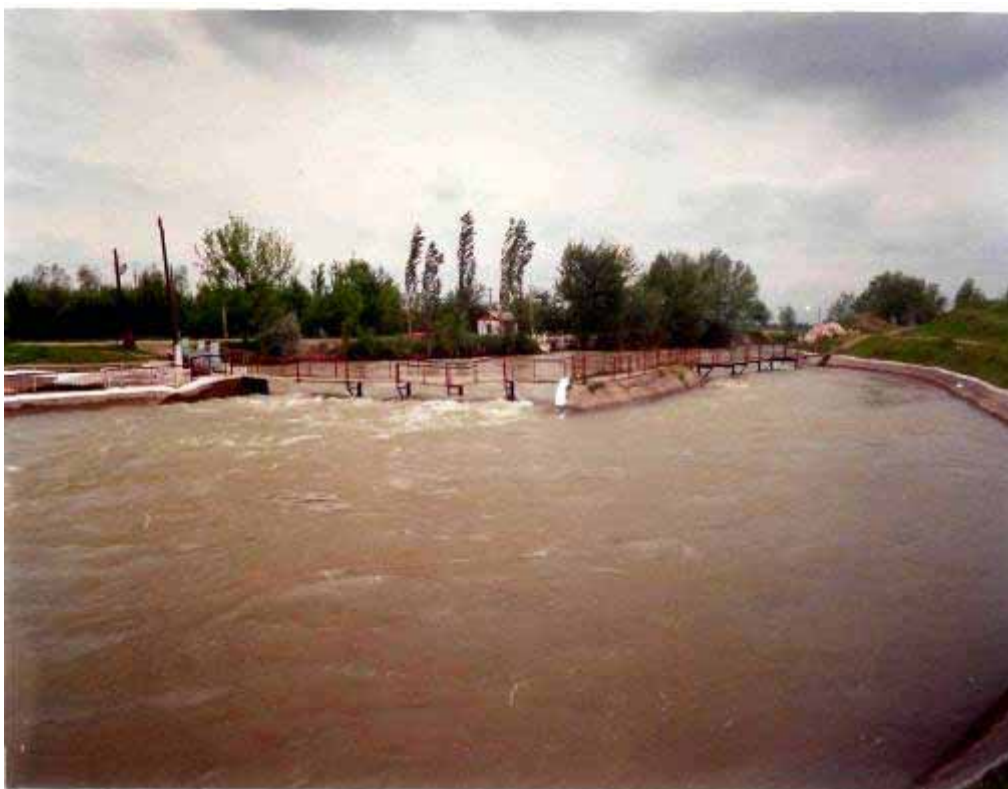


Андижанское водохранилище



**Река Акбурасай**

## Каналы



**Головное сооружение ЮФМК**



**Головное сооружение ААК**



**Головное сооружение ХБК**



**Плотина на реке Ходжабакиргансай**

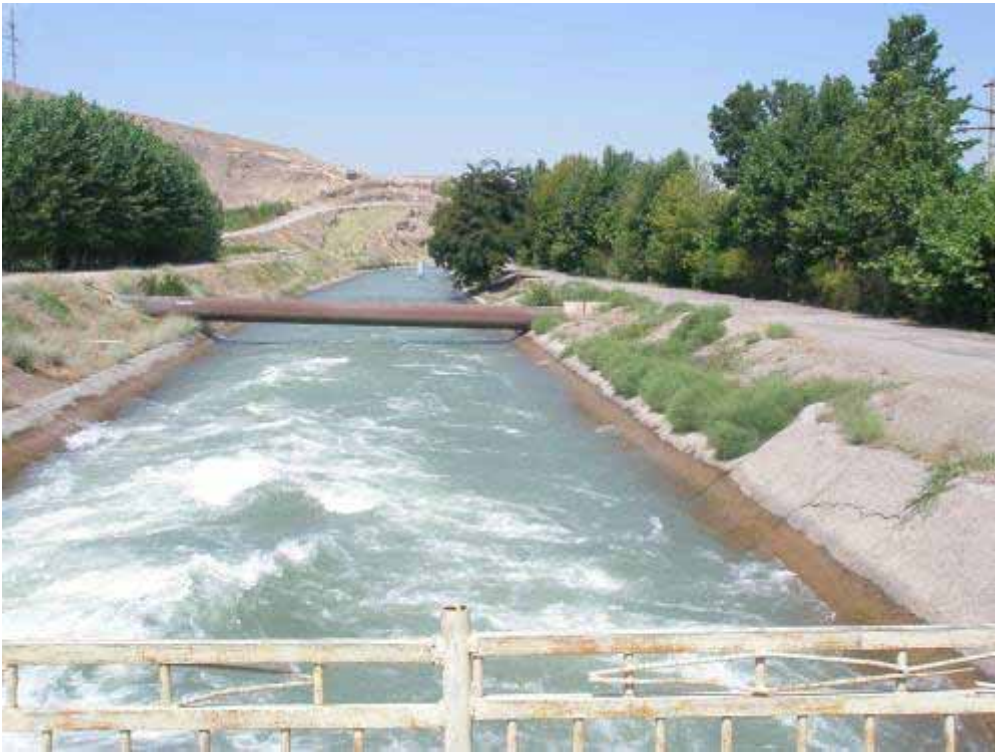




**ЮФМК (гидроучасток)**



**Гидроучасток «Палванташ» (ЮФМК)**



**ЮФМК**

## Гидропосты



Гидропост на магистральном канале (ЮФМК)



Гидропост на границе АВП



**Гидропост на границе фермерского хозяйства**



**Лоток Вентури**



**Водомерный колодец**

*Источник: отчеты исполнителей по проекту «ИУВР-Фергана».*

## **2. Планирование водопользования и водораспределения**

Распределение и использование воды во всех звеньях оросительной системы осуществляют на основе информации о спросе на воду. Для определения спроса на воду составляются планы водопользования и планы водораспределения оросительной системы.

Планирование водопользования и водораспределения проводится «снизу–вверх»: начиная с поливного контура до точки водозабора в магистральный канал. При этом, в зависимости от сложности оросительной сети, количество каналов может сильно различаться.

Планы водопользования и водораспределения составляются по сезонам (вегетационный (апрель-сентябрь) и на вневегетационный периоды (октябрь-март)), для среднесезонных климатических условий.

При планировании водопользования и водораспределения должны учитываться все виды вод (поверхностные, подземные, грунтовые, ...) и спрос на воду всех видов водопользователей: как основных (сельскохозяйственных), так и прочих водопользователей, получающих воду как от объединений водопользователей, так и непосредственно из магистральной системы (не через ирригационную службу объединений водопользователей).

План водораспределения составляется на основе планов водопользования. Он увязывается с режимом источника орошения, пропускной способностью каналов и мелиоративными условиями системы.

**Планы водопользования и водораспределения должны составляться ежегодно.**

Планы водопользования и водораспределения должны составляться, как правило, отдельно для каждого сезона (на вегетационный и невегетационный периоды) Однако, по решению вышестоящих водохозяйственных организаций, могут составляться и годовые планы, включающие период с февраля (марта) по октябрь (ноябрь) месяцы.

К прочим водопользователям относятся приусадебные участки, заповедники, рыбное хозяйство, гидроэнергетика, коммунально-бытовые и промышленные предприятия и т.д.

План водопользования учитывает состав орошаемых сельхозкультур, почвенно-мелиоративные условия орошаемых земель, технические параметры оросительной системы (КПД, пропускная способность) и т.д.

План водопользования - часть производственного плана водопользователя. Его составляют для организации водообеспечения орошаемых земель в соответствии с

утвержденными режимами орошения сельскохозяйственных культур и с учетом организации территории и труда.

В плане водопользования также учитывается спрос на воду прочих водопользователей, получающих воду непосредственно через ирригационную службу АВП.

В зависимости от фактически сложившейся водности источника орошения, а также погодных и хозяйственных условий в расчетном году планы водопользования и водораспределения корректируются.

Если источник орошения полностью обеспечивает спрос на воду, то все каналы работают постоянно в соответствии с планом водопользования.

При недостатке воды в источнике орошения планы водопользования и водораспределения корректируются: на основе принципов приоритетности и пропорциональности. При этом лимиты-квоты приоритетных водопользователей урезке не подвергаются или урезаются частично.

Корректировка плана водопользования в зависимости от погодных и хозяйственных условий происходит с учетом заявок водопользователей.

*В принципе, при существующей практике планирования, значение плановой водоподдачи на сезон для ФХ (соответственно для АВП и УК), вытекающее из ПВ, – есть лимит-квота ФХ. Таким образом, лимит-квота ФХ зависит от структуры посевных площадей, технического состояния фермерской сети и применяемой техники орошения, то есть может из года в год меняться.*

*В этих условиях ФХ не выгодно переходить на выращивание невлаголюбивых культур, повышать КПД оросительной сети, использовать новую технику орошения, так как соответственно снизится его лимит-квота.*

*Для того, чтобы стимулировать водосбережение, надо зафиксировать лимит-квоту для ФХ. Тогда, наоборот, структура посевных площадей станет зависеть от планового лимита-квоты. То есть, ФХ вынуждено будет «по одежке протягивать ножки», а не наоборот.*

## 2.1. Исходная и расчетная информация

### **Исходная и расчетная информация для составления плана водопользования:**

- Режим орошения сельхозкультур (прил. 6) устанавливается с учетом вида культуры, гидромодульного района и климатической зоны.
- Карта (схема) орошаемых земель водопользователя с нанесением оросительной и коллекторно-дренажной сети, точек выдела воды из межхозяйственной сети, гидротехнических сооружений, гидромелиоративных постов.
- Линейная схема и техническая характеристика оросительной сети водопользователя (КПД, пропускная способность).
- Почвенная карта орошаемых земель АВП с нанесением границ хозяйств, поливных контуров и ГМР.
- Структура орошаемых площадей на планируемый год в разрезе гидромодульных районов (ГМР), сельхозкультур и каналов.
- Данные об источниках орошения АВП, включая внутренние источники (родники, скважины, КДС).
- Данные о нормах водоподачи для прочих (несельскохозяйственных) водопользователей («промтехнужды» и др.).
- Расчетной информацией для составления плана водопользования являются поливные и декадные гидромодули сельхозкультур. Они рассчитываются на основе режимов орошения сельхозкультур (прил. 7).
- Другая.

### **Исходная и расчетная информация для составления плана водораспределения:**

- Планы водопользования АВП, расположенных в зоне магистральной системы.
- Карта (схема) орошаемых земель оросительной системы с нанесением оросительной и коллекторно-дренажной сети, точек выдела воды из магистральной оросительной системы, гидротехнических сооружений, гидромелиоративных постов (рис. 2.1).
- Линейная схема и техническая характеристика магистральной оросительной системы (КПД, пропускная способность).
- Данные о нормах водоподачи для прочих водопользователей (приусадебные участки, экология, питьевое водоснабжение, коммунально-бытовые службы и т.д.). Нормы водоподачи для прочих водопользователей устанавливаются соответствующими нормативными документами.



- Другая.

## 2.2. Алгоритм расчета планов водопользования и водораспределения

### *Фермерское хозяйство*

#### 1. Расчет декадной водоподачи из фермерского отвода на поливной контур

$$ДВ_{\Pi} = (ДГ_{\Pi} * ОП_{\Pi}) / КПД_{\Pi}, \quad (2.1)$$

где

$ДВ_{\Pi}$  - декадная водоподача из фермерского канала на поливной контур.

$ДГ_{\Pi}$  - декадный гидромодуль поливного контура.

$ОП_{\Pi}$  – орошаемая площадь поливного контура.

$КПД_{\Pi}$  – коэффициент полезного действия поливного контура

$$КПД_{\Pi} = КПД_{\Pi\Pi} * КПД_{\text{во}}, \quad (2.2)$$

где

$КПД_{\Pi\Pi}$  - КПД техники полива поливного контура.

$КПД_{\text{во}}$  - КПД временного оросителя поливного контура.

#### 2. Расчет декадной водоподачи в фермерский канал самого младшего (низшего) порядка

$$ДВ_{\text{Фкн}} = \Sigma ДВ_{\Pi} / КПД_{\text{Фкн}}, \quad (2.3)$$

где

$ДВ_{\text{Фкн}}$  - декадная водоподача в фермерский канал низшего порядка, подающего воду непосредственно во временный ороситель поливного контура.

$\Sigma ДВ_{\Pi}$  – сумма декадных водоподач на поливные контуры, орошаемые из фермерского канала низшего порядка.

$КПД_{\text{Фкн}}$  – коэффициент полезного действия фермерского канала низшего порядка.

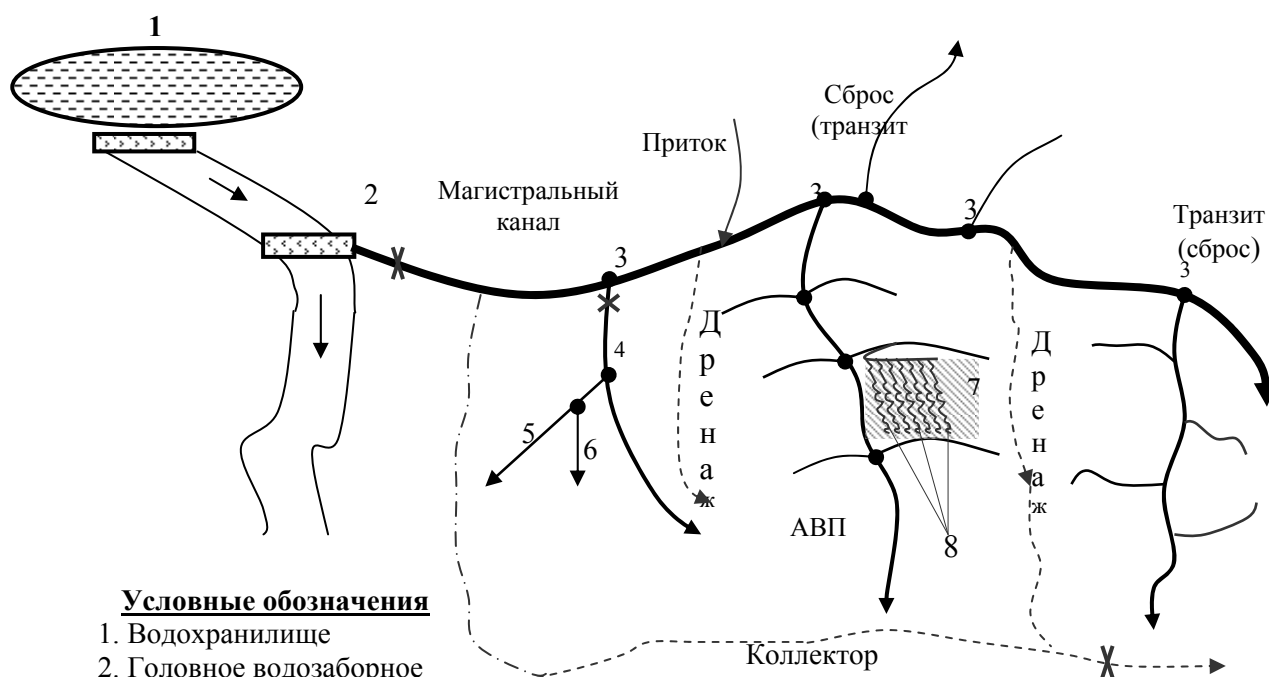


Рис. 2.1. Схема гидромелиоративной системы

### 3. Расчет декадной водоподачи в фермерский канал старшего порядка

$$ДВ_{Фкс} = \Sigma ДВ_{Фкн} / КПД_{Фкс}, \quad (2.4)$$

где

$ДВ_{Фкс}$  - декадная водопода в фермерский канал старшего порядка, подающего воду фермерским каналам низшего порядка.

$\Sigma ДВ_{Фкн}$  – сумма декадных водоподач в фермерские каналы низшего порядка.

$КПД_{Фкс}$  – коэффициент полезного действия фермерского канала старшего порядка.

При наличии каналов еще более высокого порядка, расчеты продолжаются вплоть до канала высшего порядка, берущего воду непосредственно из источника орошения фермерского хозяйства.

### 4. Расчет декадной водоподачи в фермерское хозяйство (на границе фермерского хозяйства).

$$ДВ_{Фкс} = \Sigma ДВ_{Фкн} / КПД_{Фкс}. \quad (2.5)$$

$$ДВ_{Ф} = ДВ_{Фвн} + ДВ_{Фвт}. \quad (2.6)$$

$$ДВ_{Фвн} = \Sigma ДВ_{Фов}, \quad (2.7)$$

где:

$ДВ_{Ф}$  - декадная водоподача в фермерское хозяйство.

$ДВ_{Фвн}$  - декадная водоподача в фермерское хозяйство из внешнего источника орошения.

$ДВ_{Фвт}$  - декадная водоподача в фермерское хозяйство из внутреннего источника орошения.

$\Sigma ДВ_{Фкн}$  - сумма декадных водоподач в фермерские каналы высших порядков, берущих воду непосредственно из внешних источников орошения данного фермерского хозяйства.

### *Ассоциация водопользователей*

#### **5. Расчет декадной водоподачи в канал АВП низшего порядка<sup>3</sup>**

$$ДВ_{АКН} = (\Sigma ДВ_{ФКВ} + \Sigma ДВ_{ПКВ}) / КПД_{АКН}, \quad (2.8)$$

где

$ДВ_{АКН}$  - декадная водоподача в канал АВП низшего порядка, подающего воду непосредственно в каналы фермерских хозяйств и прочих водопользователей.

$\Sigma ДВ_{ФКВ}$  – сумма декадных водоподач в каналы фермерских хозяйств высшего порядка, получающих воду из канала АВП низшего порядка.

$\Sigma ДВ_{ПКВ}$  - сумма декадных водоподач в каналы высшего порядка прочих водопользователей, получающих воду из канала АВП низшего порядка.

$КПД_{АКН}$  – коэффициент полезного действия канала АВП низшего порядка.

#### **6. Расчет декадной водоподачи в канал АВП старшего порядка**

$$ДВ_{АКС} = \Sigma ДВ_{АКН} / КПД_{АКС}, \quad (2.9)$$

где

$ДВ_{АКС}$  - декадная водоподача в канал АВП старшего порядка, подающего воду в каналы АВП нижнего порядка.

$\Sigma ДВ_{АКН}$  – сумма декадных водоподач в каналы АВП нижнего порядка.

$КПД_{АКС}$  – коэффициент полезного действия канала АВП старшего порядка.

При наличии отвода АВП еще более высокого порядка, расчеты продолжают вплоть до канала АВП высшего порядка, берущего воду непосредственно из источника орошения АВП.

#### **7. Расчет декадной водоподачи в АВП (на границе АВП)**

У АВП, в принципе, могут быть как внешние, так и внутренние источники орошения. Таким образом,

$$ДВ_A = ДВ_{АВШ} + ДВ_{АВГ}. \quad (2.10)$$

$$ДВ_{АВШ} = \Sigma ДВ_{АКВ} + \Sigma ДВ_{ФКВ}, \quad (2.11)$$

<sup>3</sup> Каналы АВП – это, как правило, бывшие «внутрихозяйственные» каналы.

где

ДВА - декадная водоподача в АВП.

ДВА<sub>вш</sub> - декадная водоподача в АВП из внешнего источника орошения.

ДВА<sub>вт</sub> - декадная водоподача в АВП из внутреннего источника орошения.

$\Sigma$ ДВА<sub>кв</sub> - сумма декадных водоподач в каналы высшего порядка АВП, берущих воду непосредственно из внешних источников орошения данной АВП.

ДВФ<sub>кв</sub> - сумма декадных водоподач в каналы фермерских хозяйств высшего порядка, получающих воду из внешних источников орошения данной АВП.

### *Магистральный канал*

#### **8. Расчет декадной водоподачи в межассоциационный канал<sup>4</sup> низшего порядка (декадная водоподача из магистрального канала)**

$$ДВ_{м^{\wedge}акн} = \Sigma ДВ_{Акв} / КПД_{м^{\wedge}акн}, \quad (2.12)$$

где

ДВ<sub>м<sup>^</sup>акн</sub> - декадная водоподача в межассоциационный канал низшего порядка, подающего воду непосредственно в каналы высшего порядка АВП и прочим водопользователям.

$\Sigma$ ДВ<sub>Акв</sub> – сумма декадных водоподач в каналы высшего порядка АВП, получающих воду из межассоциационного канала низшего порядка.

КПД<sub>м<sup>^</sup>акн</sub> – коэффициент полезного действия межассоциационного канала низшего порядка.

#### **9. Расчет декадной водоподачи в межассоциационный канал старшего порядка**

$$ДВ_{м^{\wedge}акс} = \Sigma ДВ_{м^{\wedge}акн} / КПД_{м^{\wedge}акс}, \quad (2.13)$$

где

ДВ<sub>м<sup>^</sup>акс</sub> - декадная водоподача в межассоциационный канал старшего порядка, подающего воду в межассоциационный каналы нижнего порядка.

$\Sigma$ ДВ<sub>м<sup>^</sup>акн</sub> – сумма декадных водоподач в межассоциационный канал нижнего порядка.

---

<sup>4</sup> Межассоциационный канал – это, как правило, бывший «межхозяйственный» канал.

$KПД_{M^{акс}}$  – коэффициент полезного действия межассоциационного канала старшего порядка.

При наличии межассоциационного канала еще более высокого порядка, расчеты продолжаются вплоть до межассоциационного канала высшего порядка, берущего воду непосредственно из магистрального канала.

## 10. Расчет декадной водоподачи из магистрального канала

Водоподача из магистрального канала осуществляется во вторичные каналы, которые могут быть межассоциационными, ассоциационными и фермерскими каналами, а также каналами, подающими воду прочим водопользователям.

$$ДВ_{Mк} = \Sigma ДВ_{M^{акв}} + \Sigma ДВ_{Акв} + \Sigma ДВ_{Фкв} + \Sigma ДВ_{Пкв}, \quad (2.14)$$

где

$ДВ_{Mк}$  - декадная водопода из магистрального канала.

$ДВ_{M^{акв}}$  - декадная водопода из магистрального канала в межассоциационные каналы высшего порядка.

$\Sigma ДВ_{Акв}$  – сумма декадных водоподач в ассоциационные каналы высшего порядка, получающих воду непосредственно из магистрального канала.

$\Sigma ДВ_{Фкв}$  – сумма декадных водоподач в фермерские каналы высшего порядка, получающих воду непосредственно из магистрального канала.

$\Sigma ДВ_{Пкв}$  - сумма декадных водоподач для прочих водопользователей непосредственно из магистрального канала.

## 11. Расчет декадной водоподачи в магистральный канал.

$$ДВЗ_{Mк} = ДВ_{Mк} / KПД_{Mк}, \quad (2.15)$$

где

$ДВЗ_{Mк}$  - декадная водоподача (головной водозабор) в магистральный канал.

$ДВ_{Mк}$  - декадная водоподача из магистрального канала.

$KПД_{Mк}$  - коэффициент полезного действия магистрального канала.

## 12. Расчет декадного стока воды

$$ДС = ДВ * T_{сек} = 0,0864 * ДВ * T_{сут}, \quad (2.16)$$

где

ДС - декадный сток воды, млн м<sup>3</sup>.

ДВ – декадная водоподача (среднедекадный расход воды), м<sup>3</sup>/с.

T<sub>сек</sub> – продолжительность расчетной декады в секундах.

0,0864 – переводной коэффициент.

T<sub>сут</sub> – продолжительность расчетной декады в сутках.

## 13. Расчет стока воды нарастающим итогом

$$НС = \Sigma ДС, \quad (2.17)$$

где

НС - сток воды нарастающим итогом за расчетный период (в вегетационный период - с первой декады апреля по расчетную декаду).

ΣДС – сумма декадных стоков воды за расчетный период.

## 2.3. Пример расчета планов водопользования и водораспределения

### *Фермерское хозяйство*

Ниже приведены примеры расчета планов водопользования и водораспределения для условной магистральной системы (рис. 2.2)

#### *Фермерское хозяйство 1 (Ф1)*

1. Источники орошения Ф1: канал третьего порядка 111<sup>5</sup>.
2. Каналы, обслуживающие Ф1: каналы четвертого порядка 1111 и 1112.

$$ДВ_{1111} = \Sigma ДВ_{п} / КПД_{1111}.$$

<sup>5</sup> Здесь первая единица означает номер магистрального канала, вторая единица – номер канала второго порядка (относительно магистрального канала), третья единица - номер третичного канала и т.д.

Аналогично определяется  $ДВ_{1112}$ .

$$ДВ_{Ф1} = ДВ_{111} = (ДВ_{1111} + ДВ_{11112}) / КПД_{111},$$

где

$\Sigma ДВ_{п}$  - сумма декадных водоподач на поливные контуры, орошаемые из фермерского канала 1111;

$ДВ_{Ф1}$  - декадная водоподача в Ф1.

$ДВ_{111}$  - декадная водоподача в канал 111.

$ДВ_{1111}$  – декадная водоподача в канал 1111.

$КПД_{1111}$  – коэффициент полезного действия канала 1111.

$КПД_{111}$  – коэффициент полезного действия канала 111.

### ***Фермерское хозяйство 2 (Ф2)***

1. Источники орошения Ф2: канал третьего порядка 112 и второго порядка 11, а также внутривозделный источник – скважина на орошение 2. Особенность Ф2 заключается в том, что он имеет и внутривозделный источник орошения.
2. Каналы, обслуживающие Ф2: каналы четвертого порядка - 1121, 1123 , канал третьего порядка – 115, а также канал 21.

Расчет декадных водоподач в каналы Ф2 проводится аналогично тому, как это сделано для Ф1.

$$ДВ_{Ф2} = ДВ_{1121} + ДВ_{1123} + ДВ_{115} + ДВ_{21},$$

где

$ДВ_{Ф2}$  - декадная водоподача в Ф2.

$ДВ_{1121}$ ,  $ДВ_{1123}$ ,  $ДВ_{115}$  , – декадная водоподача в хозканалы Ф2 из внешних источников орошения (из системы магистрального канала).

$ДВ_{21}$  - декадная водоподача в канал 21 из внутривозделного источника орошения Ф2 (из скважины на орошение).

### ***Фермерское хозяйство 3 (Ф3)***

1. Источник орошения Ф3: канал третьего порядка 112 (это межфермерский канал, принадлежащий Ассоциации водопользователей номер 1 (А1)).
2. Каналы, обслуживающие Ф3: каналы четвертого порядка 1122 и 1124.

Расчет декадных водоподач в каналы Ф3 (аналогично тому, как это сделано для Ф1 и Ф2).



$$ДВ_{Ф3} = ДВ_{1122} + ДВ_{1124},$$

где

$ДВ_{Ф3}$  - декадная водоподача в Ф3.

$ДВ_{1122}$ ,  $ДВ_{1124}$  – декадные водоподачи в каналы 1122 и 1124.

#### ***Фермерское хозяйство 4 (Ф4)***

1. Источник орошения Ф4: канал третьего порядка 112.
2. Каналы, обслуживающие Ф4: канал четвертого порядка 1126 и каналы 5 порядка 11251 и 11252, берущие воду из канала 1125.

Расчет декадной водоподачи в Ф4.

$$ДВ_{Ф4} = ДВ_{1125} + ДВ_{1126},$$

где

$ДВ_{Ф4}$  - декадная водоподача в Ф4.

$ДВ_{1125}$ ,  $ДВ_{1126}$  – соответственно декадные водоподачи в каналы 1125 и 1126.

$$ДВ_{1125} = (ДВ_{11251} + ДВ_{11252}) / КПД_{1125}.$$

#### ***Ассоциация водопользователей***

##### ***АВП 1 (А1).***

1. Источник орошения АВП 1 (А1): канал второго порядка 11. Внутреннего источника орошения у А1 нет.
2. Каналы, обслуживающие А1: каналы третьего порядка 111, 112, 115.

Расчет декадных водоподач в каналы 111 и 115 уже сделан в ходе расчетов спросов на воду для Ф1 и Ф2.

Расчет декадной водоподачи в канал 112. Водоподача из канала 112 осуществляется в фермерские хозяйства Ф2 и Ф3, а также прочим водопользователям: на приусадебные участки (канал 1127) и протехнужды (канал 1128).

$$ДВ_{112} = (ДВ_{1121} + ДВ_{1122} + ДВ_{1123} + ДВ_{1124} + ДВ_{1125} + ДВ_{1126} + ДВ_{1127} + ДВ_{1128}) / КПД_{112}.$$

Расчет декадной водоподачи в А1.

$$ДВ_{А1} = ДВ_{111} + ДВ_{112} + ДВ_{115}.$$

### *Магистральный канал*

Расчет декадной водоподачи (головного водозабора) в магистральный канал

$$ДВ_1 = (ДВ_{11} + ДВ_{12} + ДВ_{13} + \dots + ДВ_{1N}) / КПД_1,$$

где

$ДВ_1$  - декадная водоподача в магистральный канал.

$ДВ_{1N}$  - декадная водоподача из последнего (концевого) вторичного канала.

$КПД_1$  - КПД магистрального канала.

$ДВ_{11}$  - декадная водоподача в межассоциационный канал 11.

$$ДВ_{11} = (ДВ_{111} + ДВ_{112} + ДВ_{113} + ДВ_{114} + ДВ_{115} + ДВ_{116}) / КПД_{11}.$$

$КПД_{11}$  - КПД межассоциационного канала 11.

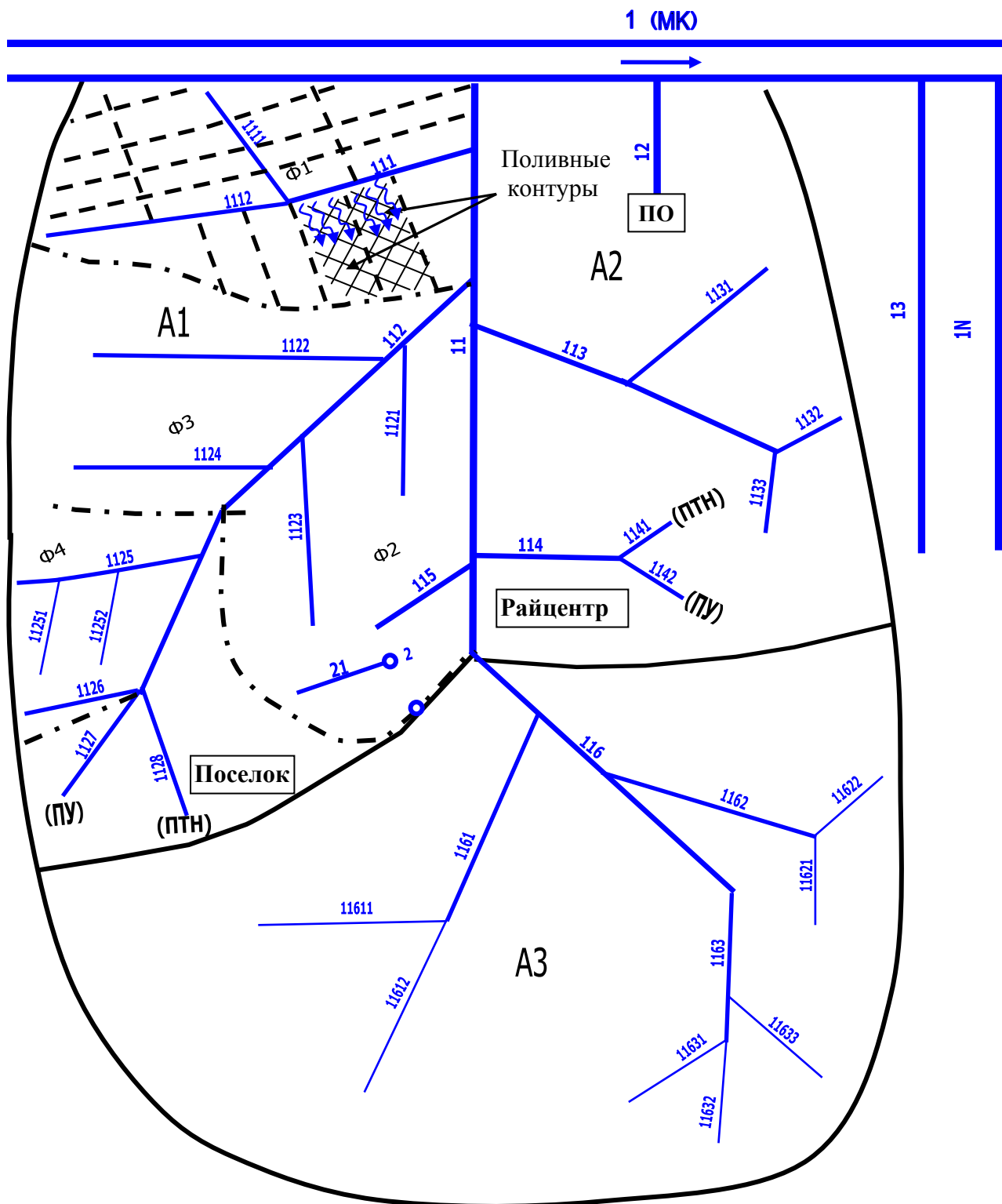


Рис. 2.2. Фрагмент схемы системы магистрального канала

**Условные обозначения:**

- - внутренний источник орошения
- A1, A2, A3 – ассоциации водопользователей
- Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 – фермерские хозяйства
- ПО - промышленный объект
- ПТН - промтехнужды

ПУ - приусадебный участок

1 - магистральный канал (МК)

11, 12, 13, 1N - каналы второго порядка

111, 112, ... 116 - каналы третьего порядка

## ИУС «Фергана»

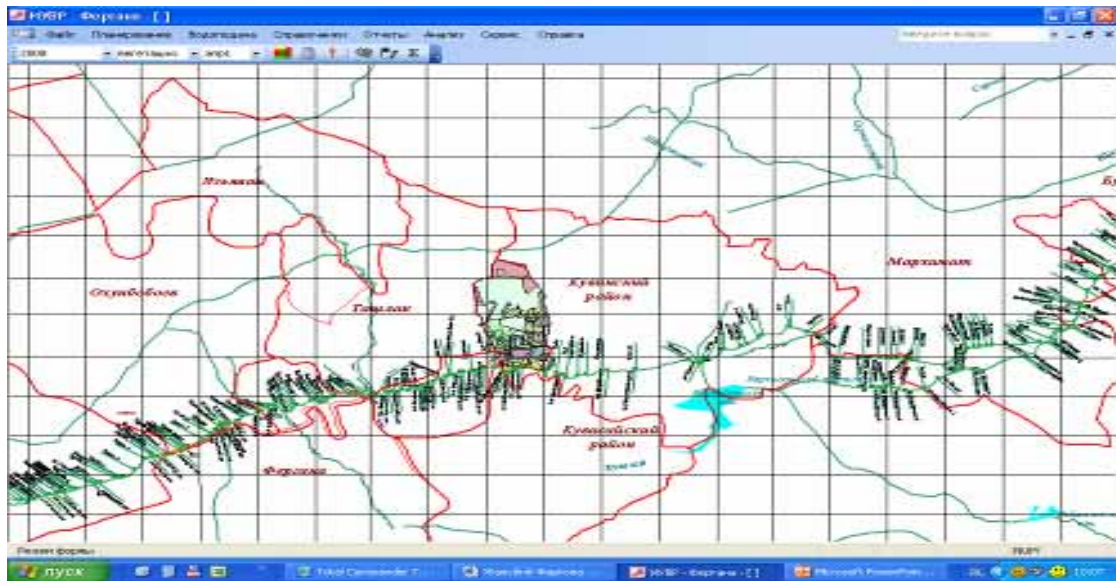


Схема ЮФМК

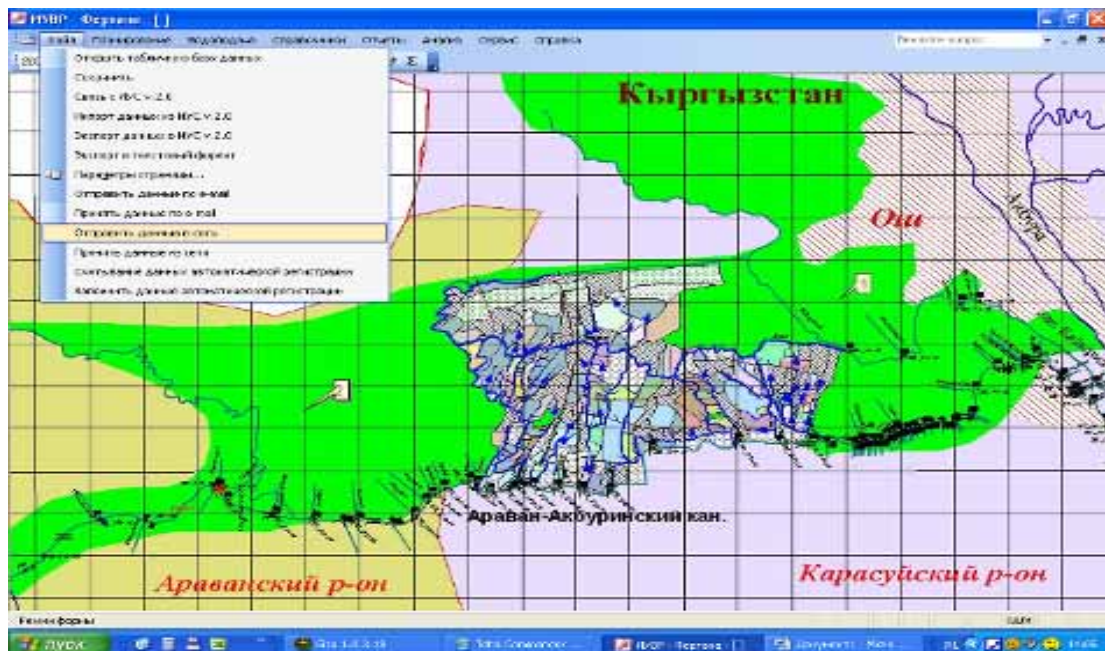


Схема ААК

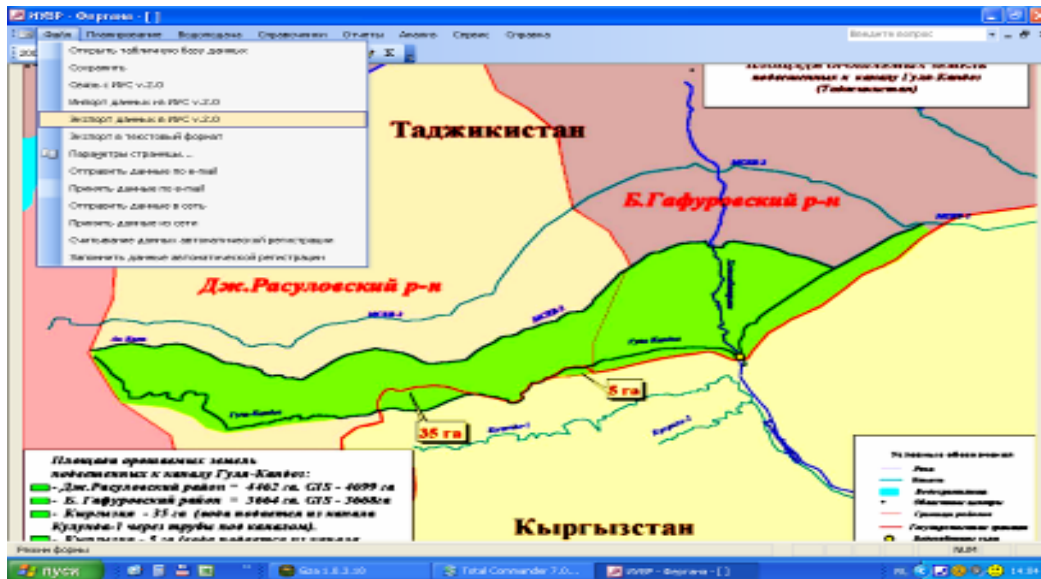
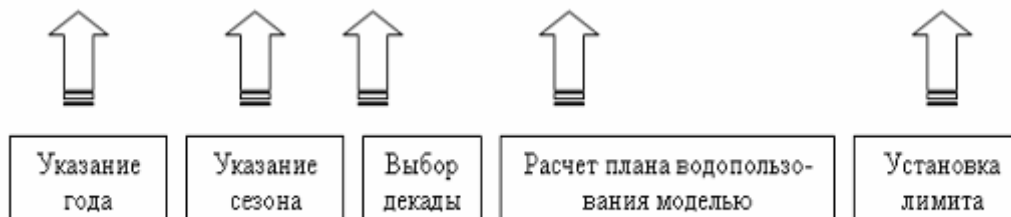
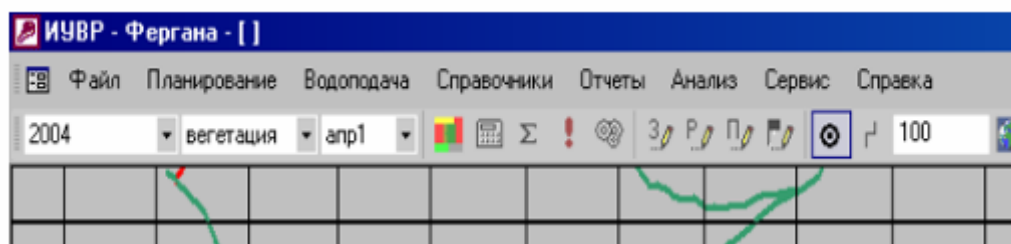
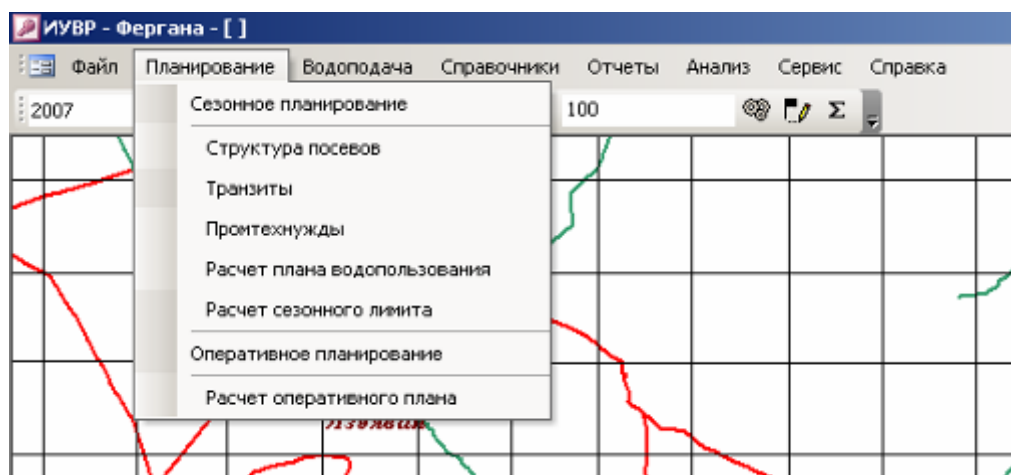


Схема ХБК



### **3. Проведение планов водопользования и водораспределения**

После составления планов водопользования и водораспределения начинается этап проведения планов, который включает следующие виды деятельности:

- Подготовка оросительной системы.
- Сезонная и оперативная корректировка планов.
- Поставка воды пользователям.
- Мониторинг и оценка водопользования и водораспределения.

#### **Подготовка оросительной системы**

В вопросах рационального использования оросительной воды и своевременного проведения поливов на высоком техническом уровне большое значение имеет тщательная подготовка оросительной сети, мелиоративной техники и орошаемых площадей к пуску воды и проведению поливов.

Основные виды работ по подготовке оросительной системы:

- Эксплуатационная планировка полей.
- Ремонт каналов и сооружений.
- Очистка сети от наносов.
- Ремонт водомерных устройств.
- Инструктаж (тренинг) эксплуатационного персонала.

#### **Сезонная и оперативная корректировка планов**

Необходимость отступления от намеченных планов водопользования и водораспределения может возникнуть при:

- Изменении площадей сева и состава культур,
- Отклонении погодных условий от предусмотренных планом среднесезонных метеорологических условий (выпадение обильных осадков, резкое похолодание, появление суховея и гармсилей, усиление ветровой деятельности и др.),
- Резком повышении или понижении уровня грунтовых вод,
- Изменении водоносности источника орошения,
- Аварии на оросительной системе.

Задача сезонной и оперативной корректировки планов водопользования и водораспределения заключается в том, чтобы справедливо установить лимиты-квоты и лимиты-уставки водопользователям с учетом имеющихся водных ресурсов и заявок водопользователей.

### **Поставка воды пользователям**

Анализ водопользования показывает, что, как правило, на всех пилотных каналах имеет место в большей или меньшей степени отклонение фактической водоподачи от установленных лимитов.

При поставке воды пользователям главная задача службы эксплуатации заключается в том, чтобы минимизировать отклонения фактических декадных водоподач от лимитов-уставок с тем, чтобы обеспечить высокий уровень показателей водоподачи:

- Стабильности.
- Равномерности.
- Эффективности.

При изменениях водоносности источника орошения или в случае аварий на системе водоподачу регулируют по специальным указаниям, установленным для системы органами, утверждающими планы водораспределения.

Водопользователи должны быть предупреждены об изменениях водоподачи; они соответственно изменяют свои планы поливов. Если резко уменьшается водоподача, следует разработать специальные мероприятия мобилизационного порядка, дающие возможность наиболее экономно использовать воду в хозяйстве.

В случаях вынужденного временного увеличения водоподачи пользователь должен принять воду и провести дополнительные поливы таких полей и культур, для которых форсировка не опасна.

Если необходимо временно сократить подачу воды по внутренним причинам, АВП обязана заблаговременно (за 2-3 дня) заявить об этом руководству гидроучастка.

### **Мониторинг и оценка водопользования и водораспределения**

Мониторинг и оценка водопользования и водораспределения нужны для того, чтобы принимать эффективные и справедливые решения при оперативной корректировке планов водопользования и водораспределения на предстоящую декаду, сезон, год.

Основными показателями водораспределения являются

- Водообеспеченность.
- Стабильность.

- Равномерность.
- КПД.
- Удельная водоподача.
- Продуктивность воды и др.

*Этапу проведения планов водораспределения присуща слабая прозрачность: корректировка “сверху-вниз” осуществляется, как правило, без участия или при слабом участии нижерасположенных структур, т.е. на республиканском уровне определяется лимит для областей, на областном уровне – для районов и т.д. Анализ показывает, что при этом лимиты-квоты и лимиты-уставки устанавливаются не всегда строго в соответствии с принципом пропорциональности.*

*Поэтому на этом этапе особенно важна роль общественности (водопользователей и других заинтересованных сторон), которая должна всемерно способствовать соблюдению принципов стабильности, равномерности и эффективности водораспределения. Для этого в рамках проекта созданы такие институциональные структуры как СВК и ВКК.*

*Образование в рамках проекта «ИУВР-Фергана» Управлений каналов (УК), СВК и ВКК на ЮФМК, ААК и ХБК создало предпосылки для решения организационных проблем водораспределения. Создание этих структур – не самоцель. Они нужны для того, чтобы создать условия (прозрачность, открытость) для решения основной цели - обеспечения справедливого (равномерного), стабильного и эффективного водораспределения.*



**Заседание Правления ВКХБК**





**Заседание Правления ВКЮФМК**

### **3.1. Подготовка оросительной системы**

#### **Ремонт и очистка гидросооружений и устройств**

Подготовительные работы начинают с приведения в нормальное техническое состояние всей оросительной, коллекторно-дренажной и сбросной сети с сооружениями на них.

Кроме ремонта каналов и сооружений в осенне-зимний период, их очищают от наносов и растительности; весной оснащают водораспределительными и водорегулирующими приспособлениями и устройствами, а также оборудуют водоизмерительными приборами.

Особое внимание уделяют оснащению точек водовыдела водомерными устройствами. На все сооружения, предназначенные для учета воды, составляют или уточняют градуировочные таблицы или графики.

#### **Эксплуатационная планировка полей**

Орошаемую площадь к началу поливов выравнивают. Для этого ежегодно необходимо проводить эксплуатационную планировку поливных площадей, которая позволяет уничтожить на полях свальные гребни, разъемные борозды, остатки временной оросительной сети.

Эксплуатационную планировку полей проводят после уборки сельскохозяйственных культур во второй половине лета или осенью; проводить планировочные работы весной не рекомендуется.

Повышенная влажность почвы в это время затрудняет работу планировщиков, увеличивает степень уплотнения почвы и снижает качество планировки. Кроме того, в весенний период из-за планировочных работ отодвигаются сроки сева сельскохозяйственных культур, иссушается поверхностный слой почвы.

### **Инструктаж**

Очень большое значение в подготовительный период имеет инструктаж эксплуатационного персонала. Инструктаж проводят старшие инженеры системы. На совещания приглашаются, кроме участковых работников системы, местные агрономы. На таких совещаниях должен быть подробно рассмотрен план и установлен конкретный порядок проведения плана в жизнь.

Особенное внимание при этом должно быть уделено напряженным (критическим) периодам работы системы. Для них следует заранее указать, как, в какое время проводить операции по водопользованию на узлах и в хозяйствах.

### **Открытие канала**

Перед началом поливного сезона специальные комиссии проверяют готовность оросительных систем к пуску воды. Обнаруженные при проверке недостатки устраняют в сроки, установленные комиссией.

Первая операция по водораспределению в порядке последовательности - проверка готовности системы к приему воды и возможности маневрирования ее расходами. Такую проверку возможностей и состояния основных узлов и ответственных участков, опробование сооружений, механизмов и сигнальной аппаратуры осуществляют главный инженер и штатные диспетчеры системы путем объезда участков и осмотра сооружений. В случаях обнаружения недостатков в отдельных частях системы определяют необходимые объемы и сроки ремонтных работ.

Установленные планом сроки открытия системы следует считать только ориентировочным расписанием работы каналов. Непосредственно перед открытием каналов эти сроки необходимо уточнить. Поправки вносит начальник системы на основе ознакомления с общим ходом весенних сельскохозяйственных работ в районах орошения и определения ожидаемой потребности в воде на предпосевной период.

Фактический срок пуска воды в систему объявляется специальным приказом по системе. При этом назначают два срока - срок открытия каналов и срок первой подачи воды в хозяйства.

По первому сроку воду пускают только в магистральную сеть. Пуск осуществляют постепенно, медленно повышая горизонты; весь расход воды подводят к узлам командования и направляют в сбросы. Накопляющийся при первом пуске

воды мусор и посторонние плавающие предметы удаляют; на узлах осматривают сооружения и каналы при заполнении их водой.

После того как первый пуск воды осуществлен, каналы системы наполнились водой, а узлы опробованы и исправно работают, приступают к подаче воды в хозяйства. Водопользователи должны быть заранее предупреждены о времени первого пуска воды в хозяйственные отводы.

Наполнение каналов при пуске воды проводят постепенно: на малых каналах расходы воды увеличивают не более, чем на 20%, а на больших - не более чем на 10% от нормального уровня. Каждое последующее открытие щитов для наполнения каналов делают только после стабилизации уровня воды в них. Интервал между перерегулировкой щитов должен быть во всех случаях не менее двух часов.

В период наполнения каналов весь линейный персонал системы расставляют по наиболее ответственным участкам и узлам с таким расчетом, чтобы обеспечить контроль за состоянием каналов и сооружений. После наполнения каналов до нормального уровня и очистки их от плавающих предметов и мусора приступают к подаче воды пользователям по их заявкам.

### **Диспетчерский график**

Распределение воды на системе осуществляют на основе диспетчерского графика по прямым указаниям диспетчера. Диспетчерские графики составляют на каждую декаду в соответствии с утвержденным планом водораспределения и наличными водными ресурсами.

В диспетчерском графике устанавливают поступление и распределение воды по узлам оросительной системы, начиная от головной части ее и заканчивая точками выдела воды пользователю. При этом для каждой декады указывают размер водозабора и порядок распределения воды между районами, эксплуатационными участками и гидротехническими узлами на системе.

Контроль за выполнением диспетчерских графиков забора и распределения воды на системах возлагается на дежурного диспетчера. Ежедневно по данным измерения расходов и уровней воды в источнике орошения он определяет размер возможного водозабора.

Если возможный водозабор больше планового, в узлах вододеления устанавливают расчетные (плановые) расходы, если меньше, то поступают следующим образом. Отклонения размера водозабора в пределах до 10% от планового учитывают при составлении диспетчерского графика. При устойчивых отклонениях более чем на 10% в системный план водораспределения вносят коррективы.

В соответствии с установленным балансом водораспределения дежурный диспетчер дает распоряжение на эксплуатационные участки по вододелению между узлами системы. Распоряжения диспетчера обязательны для всех лиц, ведающих частями или участками системы.

При вступлении на дежурство диспетчер детально знакомится с диспетчерским графиком вододеления на время дежурства, получает сведения от сменяемого им лица

о состоянии системы и указания начальника, главного инженера системы или начальника отдела водопользования о порядке выполнения плана.

Все дальнейшие операции по водозабору и водораспределению выполняют в соответствии с планом по прямым распоряжениям дежурного диспетчера системы.

### **3.2. Корректировка планов водопользования и водораспределения**

Необходимость отступления от намеченных планов водопользования и водораспределения может возникнуть в следующих случаях:

- При выпадении осадков значительной интенсивности и продолжительности может выявиться возможность или отодвинуть срок полива, или снять полив. Этот вопрос разрешает Совет АВП. Об изменениях, внесенных АВП в план полива, ставят в известность УК через заявки.
- В таком же порядке корректируют план водопользования, если резко снизилась температура воздуха. При похолодании может быть или отодвинут срок полива, или уменьшены нормы полива.
- При продолжительных засухах требуются дополнительные поливы и повышенные поливные нормы. В этом случае устанавливают сроки дополнительной подачи. Разрешение на это дает УК.
- При резком повышении уровня грунтовых вод, вследствие чего можно ожидать увеличения размеров подпитывания, следует пересмотреть поливной режим того поля, где поднялись грунтовые воды, в сторону сокращения водоподдачи (снять последние поливы, уменьшить поливные нормы и т. д.).

Возможность компенсации воды, не взятой в предыдущий период, путем дополнительной подачи в последующие периоды, устанавливается при оперативной корректировке планов водораспределения с учетом предложения и спроса.

Уточнение посевных площадей по оросительной системе для летнего периода должно быть закончено до 1 июня, а для зимнего периода - до 1 декабря.

При изменении природно-хозяйственных условий планы водопользования и водораспределения подвергаются корректировке. При этом неирригационные водопользователи (культурно-технические и экологические нужды) имеют приоритет и «урезке», как правило, не подлежат.

#### **Виды корректировок**

В зависимости от времени различают следующие виды корректировок:

- Сезонная.

- Декадная.
- Внутридекадная.

В зависимости от целей различают корректировку:

- Права на воду (лимиты-квоты)<sup>6</sup> и
- Спроса на воду.

Корректировка планов водопользования и водораспределения проводится при:

- Устойчивом отклонении показателей водоносности источника орошения от плановых размеров, на основании уточненных месячных прогнозов водности источников орошения (при этом проводится корректировка права на воду, и определяются лимиты-квоты на воду).
- Изменении размеров площади орошения или ее состава на основании данных фактического сева сельскохозяйственных культур.
- Условий агротехники и мелиоративного состояния орошаемой территории, что может вызвать необходимость изменения водопотребления в ту или иную сторону.
- Метеорологических показателей расчетного года от среднемноголетних (значительное выпадение осадков, высокая температура воздуха и т.д.). В этих случаях происходит корректировка спроса на воду на основе заявок водопользователей.

### **Принципы водораспределения**

Если суммарные заявки водопользователей на воду превышают прогнозные запасы водных ресурсов (установленные лимиты водозабора) источников орошения, то оперативное водораспределение осуществляется на основе принципа

- Приоритетности определенной группы водопользователей и
- Пропорционального сокращения водоподачи неприоритетным водопользователям.

К приоритетным водопользователям относятся:

- Промышленные предприятия.
- Гидроэлектростанции.
- Коммунально-бытовые службы городов и поселков.

---

<sup>6</sup> «Лимиты», устанавливаемые министерством для ЮФМК и «проценты вододеления», используемые на ХБК, по существу являются лимитам-квотами на воду.

- Рыбные хозяйства.
- Санитарные попуски.
- Отдельные представители сельскохозяйственных водопользователей, занимающиеся семеноводством, выращиванием лекарственных трав и других особо ценных культур.

По решению органов, утверждающих планы водопользования оросительных систем, в эту группу могут быть включены и другие водопользователи или исключены отдельные из вышеперечисленных водопользователей.

Имеющийся общий дефицит водных ресурсов должен быть распределен между остальными категориями водопользователей, водоподача которым должна осуществляться на основе следующих критериев:

- Пропорционально водообеспеченности источника орошения относительно суммарной заявки потребителей на водоподачу.
- В соответствии с коэффициентами приоритетности.

Коэффициенты приоритетности могут приниматься на основе

- Экспертных оценок водохозяйственных и/или сельскохозяйственных органов.
- Оценки ожидаемого экономического ущерба от дефицита водных ресурсов и принципов его распределения между водопользователями.

Критерии водораспределения и коэффициенты приоритетности устанавливаются в каждом конкретном случае органами, утверждающими планы водопользования и водораспределения оросительных систем.

### **3.2.1. Сезонная корректировка**

#### ***Корректировка права на воду (лимита-квоты)***

Сезонная корректировка лимита-квоты на воду проводится по результатам уточненного прогноза о водоносности источника орошения на планируемый период (вегетацию).

Сезонная корректировка лимита-квоты на воду по системе и водопользователям происходит на основе принципов приоритетности и пропорциональности с учетом, установленных межгосударственными соглашениями, лимита-квоты на водозабор (коэффициента пропорциональности на сезон) и планов водопользования и водораспределения, определивших потребности водопользователей в оросительной воде.

$$ДЛКс = Ксм * ДВп, \quad (3.1)$$

где

ДЛКс – декадная лимит-квота (результат сезонной корректировки плана водопользования (водораспределения)).

Ксм – коэффициент пропорциональности на сезон по магистральному каналу (сезонный лимит-квота магистрального канала в относительных величинах).

ДВп – декадная водоподача по сезонному плану водопользования (водораспределения).

Бассейновые управления ирригационных систем устанавливают лимиты-квоты по районам Управлений ирригационных систем, а последние устанавливают лимиты-квоты для АВП.

АВП, в свою очередь, устанавливают лимиты-квоты для каналов АВП, фермерских (крестьянских, дехканских) хозяйств, находящихся на их территории.

*Лимит-квота для ФХ может рассчитываться на основании двух принципов (если эти правила одобрены общим собранием водопользователей АВП):*

– *Принцип равной водообеспеченности – традиционный принцип пропорциональности, при котором лимит-квота для ФХ определяется умножением единого для всего АВП коэффициента пропорциональности на плановые декадные водоподачи.*

– *Принцип равной суммарной водообеспеченности (или равного относительного ущерба) – альтернативный принцип, при котором расчет лимита-квоты происходит с учетом доли водоподачи из внутренних (местных) источников орошения и доли подпитки сельхозкультур за счет грунтовых вод (учет гидромодульного района), то есть лимит-квота для фермерских хозяйств может дифференцироваться, так как больше отвечает принципу справедливости.*

*Что касается выбора принципа расчета лимита-квоты для АВП, то он в перспективе может стать компетенцией ВКК.*

### **Корректировка спроса на воду**

Сезонная корректировка спроса на воду проводится после того, как окончательно установлена структура фактически орошаемых площадей сельхозкультур водопользователей (с учетом повторных посевов) (начало лета – июнь).

Изменения плановых площадей сева следует вносить в план только после утверждения их правлением АВП. Они должны рассматриваться как новые задания на орошение.

Если в результате пересчетов новые требования на воду не превышают 5% первоначального плана, то никаких пересчетов водоподачи не делают.

При больших отклонениях от плана, величины новых расходов воды согласовывают с управлением оросительной системы и вносят на утверждение.

### 3.2.2. Декадная корректировка

#### *Расчет декадного лимита-квоты*

Оперативная корректировка декадного лимита-квоты для магистрального канала (коэффициента пропорциональности на декаду) проводится вышестоящей организацией в зависимости от изменения водоносности источника орошения. При этом учитывается и сосредоточенный (измеряемый сток) боковой приток в магистральный канал. Боковой приток в виде возвратной воды (неизмеряемый сток) учитывается через КПД участков магистрального канала.

Оперативная корректировка декадного лимита-квоты по районам и далее по АВП и другим водопользователям проводится с учетом декадного лимита-квоты для магистрального канала на основе принципа пропорциональности.

$$ДЛКд = Кдм * ДВп, \quad (3.2)$$

где

ДЛКд – декадный лимит-квота (результат оперативной корректировки плана водопользования (водораспределения)).

Кдм – коэффициент пропорциональности на сезон по магистральному каналу (декадный лимит-квота магистрального канала в относительных величинах).

ДВп – декадная водоподача из сезонного плана водопользования (водораспределения).

Далее, декадный лимит-квота АВП уточняется с учетом фактической водоподачи за период, предшествующий расчетной декаде (может быть так, что водопользователь в предшествующих декадах фактически недобрал (или перебрал) воду относительно своего лимита-квоты).

#### *Декадная заявка*

Корректировка декадного спроса на воду (рис. 3.1) по АВП проводится на основе заявок от АВП на расчетную декаду. Заявка на воду от АВП формируется на основе декадных заявок фермерских хозяйств и прочих водопользователей.

$$ДЗ_А = \Sigma ДЗ_Ф + \Sigma ДЗ_П, \quad (3.3)$$



где

$DZ_A$  – декадная заявка на воду от АВП.

$\Sigma DZ_A, \Sigma DZ_{П}$  – сумма декадных заявок на воду соответственно фермерских хозяйств и прочих водопользователей.

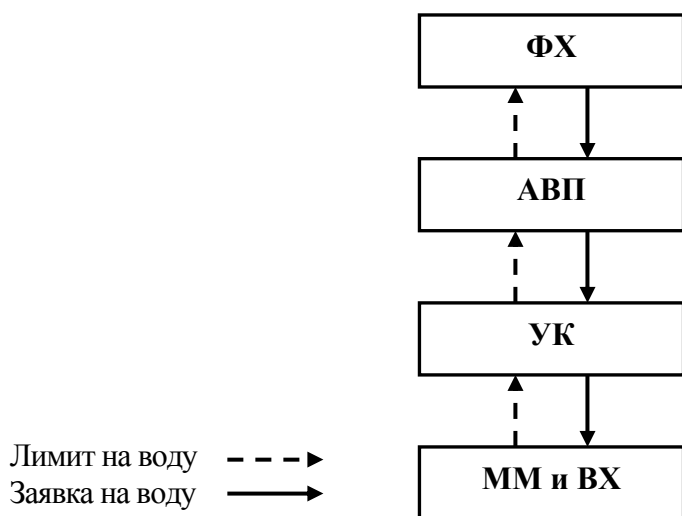
Декадная заявка на воду отражает декадный спрос на воду у водопользователя в зависимости от сложившихся природно-хозяйственных условий.

Декадные заявки от АВП должны поступить в УК не позднее, чем за 3 суток до начала расчетной декады. Отсутствие декадной заявки, в зависимости от сложившихся на практике правил, может расцениваться двояко:

- Спроса на воду нет (идут дожди, прохладная погода).
- Декадный лимит-квота соответствует декадной заявке.

В первом случае подача декадной заявки является правилом, а отсутствие заявки – исключением из правила<sup>7</sup>.

Во втором случае подача декадной заявки является исключением из правила, а отсутствие заявки – правилом<sup>8</sup>.



**Рис. 3.1. Схема формирования спроса на воду (заявки) и лимита на воду (лимиты-квоты, лимиты-уставки)**

<sup>7</sup> Этот подход приемлем для ЮФМК и ААБК. В практике ЮФМК заявка от АВП в БУИС подается два раза. Первая заявка – без привязки спроса на воду к каналам. Вторая заявка подается после того, как суммарные лимиты-уставки уже «спущены» АВП. Вторая заявка – эта информация о том, как лимиты-уставки распределены между каналами АВП.

<sup>8</sup> Этот подход приемлем для ХБК.

При отсутствии оперативной заявки от водопользователя за нее принимается плановая водоподача.

### ***Расчет декадного лимита-уставки***

Расчет декадного лимита-уставки проводится путем увязки квоты на воду с заявками на воду от АВП:

- Если сумма декадных заявок по АВП больше, чем лимит-квота МК, то декадные лимиты-уставки АВП равны пропорционально урезанным заявкам АВП (с учетом фактической водоподачи в предыдущие декады и других факторов).
- Если сумма декадных заявок по АВП меньше (или равна) лимита-квоты МК, то декадные лимиты-уставки АВП равны декадным заявкам АВП.

После расчета декадных лимитов-уставок АВП проводится расчет декадных лимитов-уставок по каналам АВП и водопользователям АВП.

### **3.2.3. Внутридекадная корректировка**

В течение декады допускается перераспределение воды между каналами АВП в пределах лимитов-уставок, установленных для АВП.

Перераспределение воды между каналами АВП осуществляется с согласия подразделений УК (гидроучастков) на основе вторичных (внутридекадных) заявок.

Внутридекадные заявки на воду от АВП, сформированные на основе заявок на воду от ФХ, подаются на гидроучастки за сутки до изменения режима водоподачи в канал.

Возможность перераспределения воды между каналами АВП осложняет процесс водораспределения, но повышает гибкость управления водой и ее продуктивность.

Необходимость во внутридекадной корректировке вызывается как природными (дожди, возвратный сток), так и хозяйственными факторами (поля не готовы к поливу, потому что не успели нарезать борозды или были перебои с поставкой удобрений и т.д.).

### **3.3. Расчет и организация водооборота**

Основным видом подачи воды водопользователю считается плановая подача непрерывным током. В АВП вода непрерывным током доводится до точек выдела

воды в фермерские хозяйства (или в группу водопользователей – ГВП). Внутри фермерских хозяйств (или ГВП) вода поочередно подается на участки единовременного полива и обработки в соответствии с ходом полевых работ (по планам полива - обработки).

Очередное водораспределение (водооборот между АВП) следует проводить только в случаях резко выраженного недостатка воды, когда потери в сети вследствие недостаточного наполнения каналов заметно возрастают.

Существует много теоретических схем очередного водораспределения - водооборота. Наиболее простой и практической схемой очередного водораспределения следует считать водооборот двух- или трехтактный, основанный на очередной подаче воды на распределительные узлы. При этой схеме магистральные каналы работают непрерывно, воду же на распределительные узлы подают по очереди.

Для установления очередности подачи воды распределительные узлы системы объединяют в две или три группы (очереди) и продолжительность подачи воды каждой очереди назначают пропорционально плановой подаче воды в АВП. В это время на все выключенные узлы воду не подают совсем, на узлах усиливают охрану и контроль за их работой. Водопользователей, включенных в очередь, своевременно предупреждают о сроке закрытия и открытия каналов.

При больших недостатках воды (при остро выраженном маловодье) на узлах командования устанавливают специальную охрану.

Водооборот широко используется в практике вододеления как за рубежом, так и в ЦАР. В Кыргызстане (Ошская, Джалалабадская области) водооборот называют «авроном», в Узбекистане (Кашкадарьинская область) – «авандозом», в Таджикистане (Согдийская область) - «об гардоном».

При нормальной водообеспеченности (нет дефицита воды) водооборот используется лишь на самых низких уровнях вододеления: между поливными контурами, временными оросителями и участковыми распределителями<sup>9</sup>.

При увеличении дефицита воды, целесообразно водооборот использовать и на каналах более высокого порядка<sup>10</sup>, включая водооборот между гидроучастками магистрального канала.<sup>11</sup>

## **Виды водооборота (см. рис. 2.2)**

Водооборот вводится между

<sup>9</sup> Вызвано это тем, что в противном случае надо было бы существенно увеличить размеры участковых распределителей и временных оросителей, а это экономически невыгодно (прил.8).

<sup>10</sup> Несмотря на то, что при этом неизбежно могут ухудшаться условия водообеспечения орошаемых культур, введение водооборота выгодно с точки зрения снижения технических и организационных потерь воды.

<sup>11</sup> Этот вид водооборота используется на ЮФМК (между концевыми гидроучастками), ХБК (межрайонный водооборот), ААК (водооборот между 1 и 3 участками ААК).

- Поливными контурами (например, между поливными контурами Ф1).
- Фермерскими каналами (например, между каналами 1111 и 1112).
- Фермерскими хозяйствами (ФХ) (например, между Ф2, Ф3 и Ф4. В этом случае водоподача в каналы 1127 (водоподача на приусадебные участки) и 1128 (водоподача на промтехнужды) осуществляется постоянным током, а в каналы Ф2 (1121, 1123), Ф3 (1122, 1124) и Ф4 (1125, 1126) подается поочередно).
- Ассоциациями водопользователей (АВП) (например, между А1, А2 и А3). В этом случае водоподача в каналы 114 (водоподача на приусадебные участки и промтехнужды) осуществляется постоянным током, а в каналы 111, 112, 113, 114, 115, 115 подается поочередно, причем при этом эти каналы могут группироваться).
- Районами. Предположим, что каналы 11, 12, и 13 и 1N находятся в разных районах. Тогда водоподача в канал 12 (водоподача на промышленный объект) осуществляется постоянным током, а в каналы 11, 13 и 1N – поочередно. Если из магистрального канала вода транзитом подается в другую систему, то она (транзитная водоподача) также, как водоподача на промышленный объект, в водообороте не участвует.
- Магистральными каналами.

### **Эффективность водооборота**

Эффективность использования водооборота вызвана тем, что он снижает технические потери воды, которые могли бы иметь место при непрерывной подаче воды меньшими расходами<sup>12</sup>.

Наряду с этим существенно снижаются эксплуатационные (организационные) потери. Происходит это потому, что при водообороте легче мобилизовать водников и водопользователей для осуществления контроля за водораспределением.

Благодаря вышеназванным достоинствам водооборота в известной степени удается решить проблему «голова-конец», которая заключается в том, что водопользователи, находящиеся в концевой части канала, как правило, ущемлены в воде по сравнению с хозяйствами, расположенными в голове канала.

### **Элементы водооборота**

Коэффициент водообеспеченности системы – лимит-квота (при жестком дефиците воды - она же лимит-уставка), равная отношению установленной расчетной

---

<sup>12</sup> Известно, что при снижении расхода воды в канале повышаются относительные потери воды и соответственно снижается КПД канала. Для уточнения КПД канала предложены соответствующие формулы, однако на практике в расчетах КПД канала принимается величиной постоянной. Мы также для простоты примем КПД канала величиной постоянной.

декадной водоподдачи в систему к плановой декадной водоподдаче.

Чередующиеся единицы – участники водооборота, которым поочередно подается вода (поливной контур, канал, совокупность каналов АВП, района и т.д.).

Число тактов водооборота – число, равное количеству чередующихся единиц (наиболее простым и распространенным является двухтактный и трехтактный водообороты).

Период водооборота – продолжительность цикла, в течение которого вода делает полный оборот между чередующимися единицами (как правило, период водооборота принимается не более декады).

Продолжительность такта водооборота для чередующейся единицы – часть цикла (периода) водооборота, в течение которого вода поступает в зону чередующейся единицы.

Расчетный расход водооборота – расход воды (брутто), поочередно поступающий чередующимся единицам (в голову системы (участка системы)), на котором вводится водооборот.

### **Схема организации водооборота**

Независимо от уровня водodelения схема водооборота выглядит следующим образом:

1. Водоподводящий канал старшего порядка работает непрерывно.
2. Вода водоподводящего канала старшего порядка в каналы младшего порядка подается по очереди.
3. Каналы младшего порядка для установления очередности подачи воды объединяют в чередующиеся единицы по следующим признакам:
  - Максимальная пропускная способность одновременно работающих каналов позволяет принять форсированный (при поочередной подаче) расход;
  - Действующая длина каналов в установленной группе должна быть наименьшей;
  - Расходы воды (нетто) отдельных групп распределителей должны быть примерно одинаковыми.
4. Из водооборота исключается транзитный расход воды и водоподача на протехнужды.
5. Расчетный расход водооборота устанавливается с учетом бокового притока в магистральный канал.
6. Расчетные расходы в каналы, работающие в одной очереди, устанавливаются пропорционально декадным лимитам-уставкам, установленным в результате оперативной корректировки.

7. Продолжительность подачи воды каждой очереди назначают пропорционально лимитам-уставкам.

### **Расчет водооборота**

#### ***Исходная информация:***

1. Схема (или фрагмент схемы) оросительной системы, где вводится водооборот.
2. Данные о декадных лимитах-уставках на орошение (далее – лимиты-уставки) по каналам младшего порядка, куда вода подается поочередно: ДЛУ<sub>к1</sub>, ДЛУ<sub>к2</sub>, ..., ДЛУ<sub>км</sub>, где 1, 2, ..., m – номера каналов младшего порядка. Декадные лимиты-уставки устанавливаются в результате оперативной декадной корректировки плана водораспределения с учетом бокового притока, транзита, санпопусков и т.д.
3. Данные о декадных лимитах-уставках на промтехнужды по каналам младшего порядка, куда вода подается поочередно: ПТН<sub>к1</sub>, ПТН<sub>к2</sub>, ..., ПТН<sub>км</sub>.
4. Данные о КПД участков канала старшего порядка, куда вода подается на постоянной основе: КПД<sub>у1</sub>, КПД<sub>у2</sub>, ..., КПД<sub>ун</sub>, где 1, 2, ..., n – номера участков водооборота.
5. Пропускная способность каналов младшего порядка (ПС<sub>к</sub>);

#### ***Алгоритм расчета***

Каналы младшего порядка, участвующие в водообороте, объединяются в группы каналов, расположенные на участке водооборота и вода в которые будет подаваться одновременно в течение такта водооборота;

1. Определяются декадные лимиты-уставки (нетто) по участкам водооборота (ДЛУ<sub>у</sub>).

$$\text{ДЛУ}_у = \sum \text{ДЛУ}_к, \quad (3.4)$$

где

$\sum \text{ДЛУ}_к$  – сумма декадных лимитов-уставок в головы каналов 1 участка водооборота.

2. Определяется КПД отрезка магистрального канала, который «работает» в каждом такте водооборота (КПД<sub>т</sub>).

$$\left. \begin{aligned}
 \text{КПД}_{T_1} &= \text{КПД}_{y_1} \\
 \text{КПД}_{T_2} &= \text{КПД}_{y_1} * \text{ДЛУ}_{y_2} \\
 \text{КПД}_{T_p} &= \text{КПД}_{y_1} * \text{ДЛУ}_{y_2} * \text{КПД}_{y_n}
 \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

где

$p$  – номер такта водооборота.

3. Определяется расчетный расход водооборота (РРВ) (декадный лимит-уставка в голове канала старшего порядка, подаваемый поочередно на участки водооборота):

$$\text{РРВ} = \text{ДЛУ}_{y_1} / \text{КПД}_{T_1} + \text{ДЛУ}_{y_2} / \text{КПД}_{T_2} + \dots + \text{ДЛУ}_{y_n} / \text{КПД}_{T_p},$$

где

$\text{ДЛУ}_{y_1}, \text{ДЛУ}_{y_2}, \dots, \text{ДЛУ}_{y_n}$  - декадные лимиты-уставки (нетто) по, соответственно, 1, 2, ...,  $n$ -ому участкам водооборота.

4. Проводится расчет продолжительности тактов водооборота по участкам (ПТВ $_p$ ).

$$\left. \begin{aligned}
 \text{ПТВ}_{T_1} &= \text{ДЛУ}_{y_1} * \text{ПВ} / \text{РРВ} * \text{КПД}_{T_1}. \\
 \text{ПТВ}_{T_2} &= \text{ДЛУ}_{y_2} * \text{ПВ} / \text{РРВ} * \text{КПД}_{T_2}. \\
 \text{ПТВ}_{T_p} &= \text{ДЛУ}_{y_n} * \text{ПВ} / \text{РРВ} * \text{КПД}_{T_p},
 \end{aligned} \right\} \quad (3.6)$$

где

$\text{ПТВ}_{T_1}, \text{ПТВ}_{T_2}, \dots, \text{ПТВ}_{T_p}$  – продолжительность, соответственно, 1, 2, ...,  $p$ -го такта водооборота.

$\text{ПВ}$  – период водооборота. Обычно период водооборота равен расчетной декаде (в сутках) за вычетом времени, необходимого для регулирования расхода и добегания воды.

5. Проводится расчет лимита-уставки при водообороте в каждый канал младшего порядка (ЛУ $_{вк}$ ).

Лимит-уставка при водообороте в каждый канал младшего порядка, расположенного на 1 участке, определяется по формуле

$$\text{ЛУ}_{вк} = \text{РРВ} * \text{ДЛУ}_{к} * \text{КПД}_{T_1} / \text{ДЛУ}_{y_1}. \quad (3.7)$$

Лимит-уставка при водообороте в каждый канал младшего порядка, расположенного на 2 участке, определяется по формуле

$$\text{ЛУ}_{\text{вк}} = \text{РРВ} * \text{ДЛУ}_{\text{к}} * \text{КПД}_{\text{т}2} / \text{ДЛУ}_{\text{у}2}. \quad (3.8)$$

Лимит-уставка при водообороте в каждый канал младшего порядка, расположенного на n-ом участке, определяется по формуле

$$\text{ЛУ}_{\text{вк}} = \text{РРВ} * \text{ДЛУ}_{\text{к}} * \text{КПД}_{\text{тр}} / \text{ДЛУ}_{\text{уп}}. \quad (3.9)$$

6. Проводится расчет суммарного лимита-уставки при водообороте (орошение + промтехнужды) в каждый канал младшего порядка.

$$\left. \begin{aligned} \Sigma \text{ЛУ}_{\text{вк}1} &= \text{ЛУ}_{\text{вк}1} + \text{ПТН}_{\text{к}1}. \\ \Sigma \text{ЛУ}_{\text{вк}2} &= \text{ЛУ}_{\text{вк}2} + \text{ПТН}_{\text{к}2}. \\ \Sigma \text{ЛУ}_{\text{вк}m} &= \text{ЛУ}_{\text{вк}m} + \text{ПТН}_{\text{к}m}. \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

7. Проводится сопоставление суммарного лимита-уставки при водообороте (орошение + промтехнужды) в каждый канал младшего порядка с пропускной способностью канала. Суммарный расход в каждый канал младшего порядка при водообороте должен быть меньше или равен пропускной способности этого канала. То есть

$$\left. \begin{aligned} \Sigma \text{ЛУ}_{\text{вк}1} &\text{ должен быть меньше или равен } \text{ПС}_{\text{к}1}. \\ \Sigma \text{ЛУ}_{\text{вк}2} &\text{ должен быть меньше или равен } \text{ПС}_{\text{к}2}. \\ \Sigma \text{ЛУ}_{\text{вк}m} &\text{ должен быть меньше или равен } \text{ПС}_{\text{к}m}. \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

В противном случае необходимо пересмотреть схему организации водооборота.

8. Расчет технической эффективности водооборота.

$$\Delta \text{Сэ} = 0.0864 * \text{РРВ} * (\text{КПД}_{\text{т}1} * \text{ПТВ}_{\text{т}1} + \text{КПД}_{\text{т}2} * \text{ПТВ}_{\text{т}2} + \text{КПД}_{\text{тр}} * \text{ПТВ}_{\text{тр}} - \text{КПД}_{\text{тр}} * \text{ПВ}), \quad (3.12)$$

где

$\Delta \text{Сэ}$  – сток воды, сэкономленный в результате введения водооборота в расчетной декаде.



## Пример расчета

### Исходная информация:

1. Схема оросительной системы<sup>13</sup> и исходная информация для расчета водооборота приведены на рис. 3.2 и в табл. 3.1.
2. Водообеспеченность системы магистрального канала равна 60%. В результате оперативной корректировки плана водораспределения установлены лимиты-уставки в разрезе вторичных каналов и водопользователей.
3. Целесообразно ввести двухтактный водооборот.
4. Период водооборота - 10 суток.

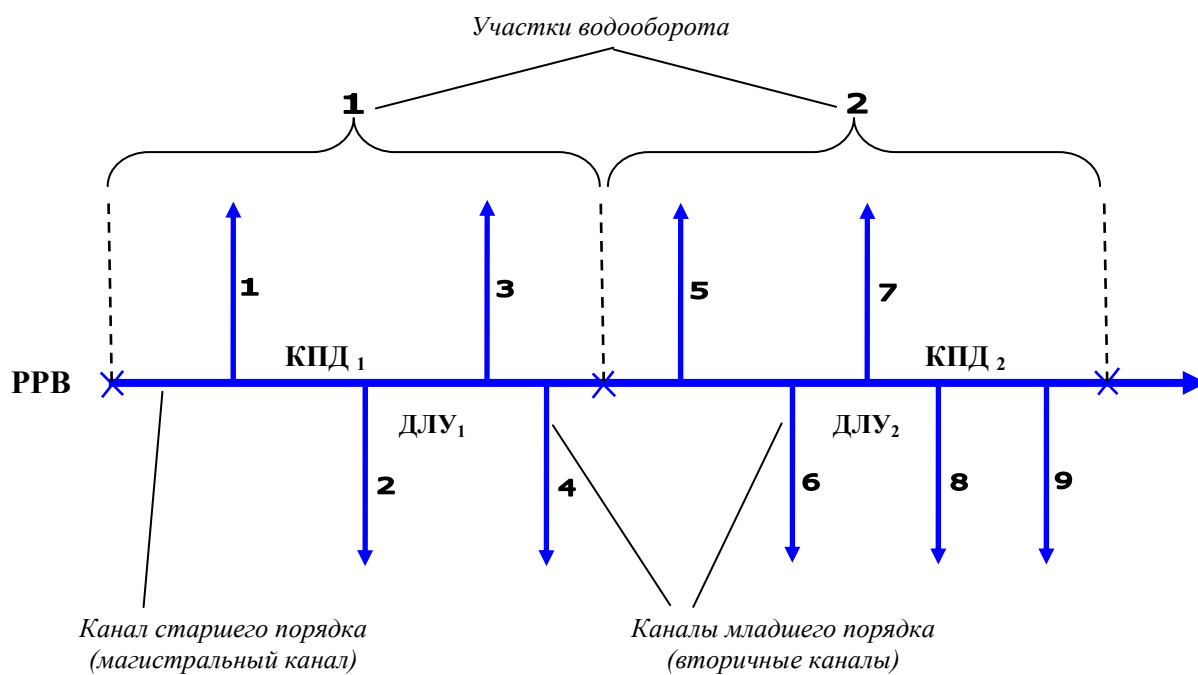


Рис. 3.2. Схема организации двухтактного водооборота

<sup>13</sup> Аналогом для данного примера послужили концевые гидроучастки ЮФМК, на которых при дефиците воды практикуется водооборот.

Таблица 3.1

## Исходная информация для расчета водооборота

Показатели	Единица измерения	Каналы 1 участка				Каналы 2 участка			
		1	2	3	4	5	6	7	8
ДЛУк	м <sup>3</sup> /с	3	6	7	5	4	5	7	8
ПСк	м <sup>3</sup> /с	7	15	17	13	8	10	14	15
ПТНк	м <sup>3</sup> /с	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5
ДЛУу	м <sup>3</sup> /с	21				24			
КПДу		0,97				0,91			

*Расчет водооборота*

Проводим группировку каналов. К 1 участку водооборота отнесены каналы 1–4, ко второму участку отнесены каналы 5–8. Канал 9 в водообороте не участвует, так как из него вода подается на промышленные нужды.

В первом такте водооборота вода подается в каналы 1 участка, во втором такте - в каналы 2 участка (см. рис. 3.3).

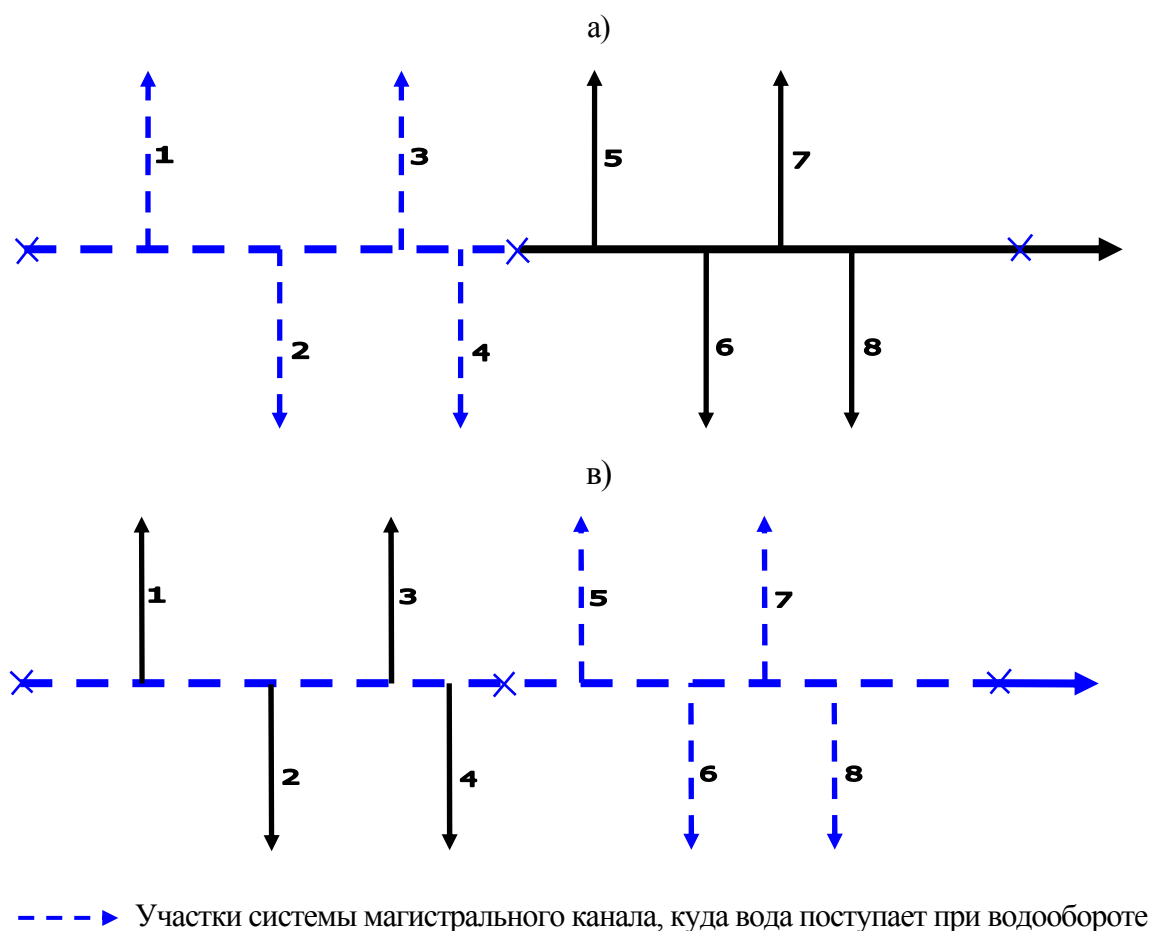


Рис. 3.3. Схема распределения воды при водообороте:  
а) - при 1 такте в) - при 2 такте

1. Расчет декадных лимитов-уставок (нетто) по участкам водооборота

$$ДЛУ_{у1} = ДЛУ_{к1} + ДЛУ_{к2} + ДЛУ_{к3} + ДЛУ_{к4} = 3 + 6 + 7 + 5 = 21 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$ДЛУ_{у2} = ДЛУ_{к5} + ДЛУ_{к6} + ДЛУ_{к7} + ДЛУ_{к8} = 4 + 5 + 7 + 8 = 24 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Определяется КПД отрезка магистрального канала, который «работает» в каждом такте водооборота.

$$КПД_{т1} = КПД_{у1} = 0,97.$$

$$КПД_{т2} = 0,97 * 0,91 = 0,88.$$

3. Расчет декадного лимита-уставки в голове канала старшего порядка

$$РРВ = ДЛУ_{у1} / КПД_{т1} + ДЛУ_{у2} / КПД_{т2} = 21 / 0,97 + 24 / 0,88 = 48,84 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Расчет продолжительности тактов водооборота по участкам.

По первому участку

$$ПТВ_{у1} = ДЛУ_{у1} * ПВ / РРВ * КПД_{т1} = 21 * 10 / 48,84 * 0,97 = 4,43 = 4,5 \text{ сут.}$$

По второму участку

$$ПТВ_{у2} = ДЛУ_{у2} * ПВ / РРВ * КПД_{т2} = 24 * 10 / 48,84 * 0,88 = 5,5 \text{ сут.}$$

5. Расчет лимита-уставки при водообороте для каналов младшего порядка.

По первому участку (на примере канала 1)

$$ЛУ_{вк1} = РРВ * ДЛУ_{к1} * КПД_{т1} / ДЛУ_{у1} = 48,84 * 3 * 0,97 / 21 = 6,77 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По второму участку (на примере канала 5)

$$ЛУ_{вк5} = РРВ * ДЛУ_{к5} * КПД_{т2} / ДЛУ_{у2} = 48,84 * 4 * 0,88 / 24 = 7,19 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет для остальных каналов проводится аналогичным образом (см. табл. 3).

6. Расчет суммарного лимита-уставки при водообороте для каналов младшего порядка (на примере канала 1).

$$\Sigma ЛУ_{вк1} = ЛУ_{вк1} + ПТН_{к1} = 6,77 + 0 = 6,77 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет для остальных каналов проводится аналогичным образом (см. табл. 3.2).

7. Сопоставление суммарного лимита-уставки при водообороте (орошение+-промтехнужды) для каждого канала младшего порядка с пропускной способностью канала показывает, что пропускная способность каждого из каналов достаточна для организации водооборота.

8. Расчет технической эффективности водооборота.

$$\begin{aligned} \Delta C_{\text{э}} &= 0,0864 * P_{\text{РВ}} * (K_{\text{ПДТ}_1} * ПТВ_1 + K_{\text{ПДТ}_2} * ПТВ_2 - K_{\text{ПДТ}_2} * ПВ) = \\ &= 0,0864 * 48,84 * (0,97 * 4,5 + 0,88 * 5,5 - 0,88 * 10) = 1,64 \text{ млн м}^3 \end{aligned}$$

Таким образом, за счет введения двухтактного в магистральном канале может быть сэкономлено 1,64 млн м<sup>3</sup> воды. Это произойдет за счет повышения КПД той части магистрального канала, где введен водооборот.

$$\Delta K_{\text{ПД}} = \Delta C_{\text{э}} / 0,0864 * P_{\text{РВ}} * ПВ = 1,64 / 0,0864 * 48,84 * 10 = 0,04,$$

где

$\Delta K_{\text{ПД}}$  – величина, на которую повышается КПД той части магистрального канала, где введен водооборот.

Таблица 3.2

### Расчет водооборота

Показатели	Единица измерения	Каналы 1 участка				Каналы 2 участка			
		1	2	3	4	5	6	7	8
ЛУ <sub>вк</sub>	м <sup>3</sup> /с	6,77	13,54	15,79	11,28	7,19	8,98	12,57	14,37
КПД <sub>Т<sub>1</sub></sub>		0,97							
КПД <sub>Т<sub>2</sub></sub>						0,88			
ΣЛУ <sub>вк</sub>	м <sup>3</sup> /с	6,77	14,04	16,29	11,78	7,19	9,48	13,07	14,87
ПТВ	сут	4,5				5,5			

## 4. Мониторинг и оценка водопользования и водораспределения

*«То, что не измерено, не может быть управляемо».*

*«Если вы не знаете, куда идете,  
то вас туда приведет любая дорога».*

Льюис Кэрролл

Для повышения благосостояния населения в условиях орошаемого земледелия очень важно повысить продуктивность оросительной воды («Больше урожая с капли»). Продуктивность оросительной воды зависит от многих факторов, в том числе от качества управления водой на ирригационных системах.

Процесс управления водой включает ряд этапов, в том числе этап мониторинг и оценки водопользования и водораспределения.

Для качественной оценки водопользования и водораспределения надо располагать достоверной и полной исходной информацией и системой показателей.

Существует большое разнообразие показателей, отражающих технические, технологические, экономические, экологические и другие аспекты водохозяйственной деятельности. В настоящей работе представлены основные показатели для анализа и принятия решений по водораспределению. На практике внедрение этих показателей должен происходить поэтапно.

В настоящее время в рамках проекта разработана и внедрена информационно-управляющая система (ИУС), которая содержит программы для расчета практически необходимого минимума основных показателей по водораспределению: водообеспеченность, стабильность, равномерность, КПД, удельная водоподача. В перспективе по мере развития БД и программного обеспечения, состав используемых показателей может и должен расширяться.

Мониторинг и оценка водораспределения – не самоцель. Оценка нужна для принятия правильного решения по улучшению водораспределения на следующую пентаду, декаду, месяц, вегетацию, год, годы.

Показатели водораспределения являются важным инструментом для принятия как краткосрочных, так и средне- и долгосрочных решений по улучшению управления водой.

Продуманное сочетание показателей помогает увидеть, насколько правильно (справедливо и эффективно) учитываются цели, стоящие перед водниками и водопользователями, принять решения по улучшению управления водными ресурсами в системе.

Показатели служат также средством

- Обеспечения прозрачности и дают возможность гражданскому обществу и органам власти оценивать уровень исполнения и эффективно осуществлять руководство водой;
- Выявления слабых сторон в руководстве и управлении и водой;
- Обнаружения сознательных или бессознательных ошибок в отчетности водохозяйственных организаций.

Оценка водораспределения может быть внешней и внутренней. Внешняя оценка характеризует затраты и результаты функционирования ирригационных систем; она делает возможным сравнение функционирования одной системы с другими подобными системами.

Внутренняя оценка характеризует процессы, протекающие внутри системы и ведущие к получаемым в ее рамках результатам; она служит для сравнения фактических результатов с теми, которые были заявлены (с планом).

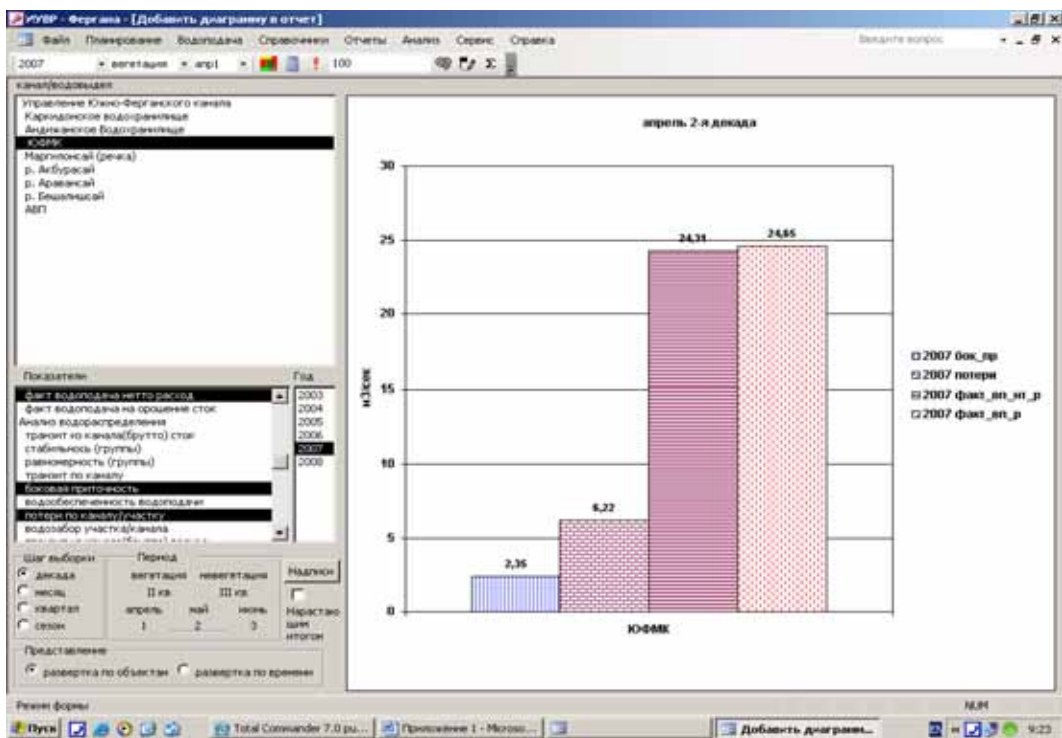
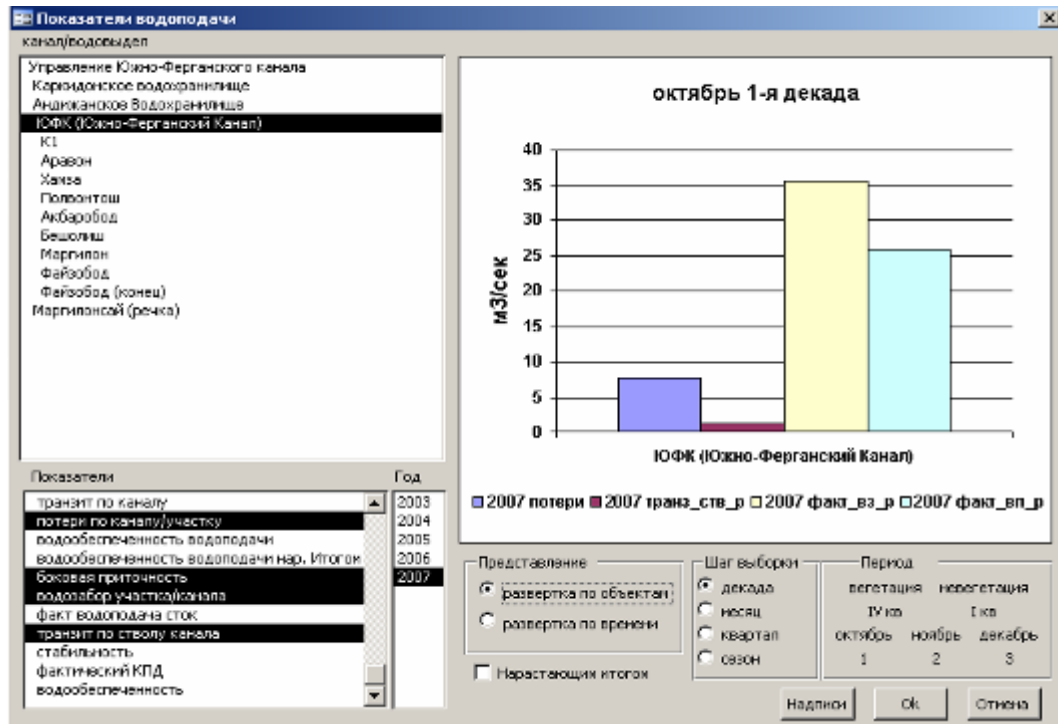
В рамках проекта пока внедрена лишь внутренняя оценка. Для внешней оценки необходима дополнительная, по подкомандной пилотному каналу зоне, информация об урожайности сельхозкультур, их ценах, затратах на получение урожая, эксплуатационных затратах и т.д.

В отечественной научной литературе имеется довольно большое количество показателей, однако в практике водораспределения используется минимальный состав: главным образом, водообеспеченность и КПД, реже - удельная водоподача (водозабор).

Коэффициентам стабильности и равномерности в отечественной научной литературе уделено очень мало внимания, а в практике водораспределения они вообще не применяются.

Расчет показателей без компьютера – это достаточно трудоемкий процесс и, главное, в стабильности и равномерности водоподачи заинтересованы не водники (их работа пока слабо ориентирована на максимальное удовлетворение нужд клиента–водопользователя), а водопользователи.

В зарубежной научной литературе состав разработанных индикаторов (там принято показатели называть индикаторами) достаточно широк и во многом идентичен составу отечественных показателей, но названия показателей приняты несколько иные: водообеспеченность – адекватность (или эффективность водоподачи), стабильность – надежность, КПД канала – эффективность транспортировки и т.д. Из зарубежной литературы заимствован показатель равномерности «коэффициент равномерности водоподачи из ПК в головной и концевой участках ПК».



## 4.1. Мониторинг

*Мониторинг* водораспределения - это специально организованное систематическое наблюдение за состоянием воды и процесса водораспределения с целью их оценки, контроля и (или) прогноза.

*Объектами мониторинга* водораспределения являются

- Вода в магистральной системе, за количеством и уровнем которой организовано регулярное наблюдение, а также
- Процесс распределения воды из магистрального канала.

*Уровни мониторинга* (измерений):

- Фермерское хозяйство.
- АВП.
- Район.
- Область.
- Республика.
- Гидроучасток.
- Магистральный канал (МК).

*Точки мониторинга* (измерений):

- Граница фермерского хозяйства.
- Граница АВП и т.д.
- Голова отводов разного порядка из МК.
- Голова и хвост МК.
- Точки притока воды в МК.
- Точки подачи транзитной воды;

*Первичная информация* по воде (прил. 9):

- Расход (сток) воды на контрольных постах пилотных (магистральных) каналов.
- Расход (сток) воды на отводах из пилотного (магистрального) канала.
- Расход (сток) воды на границе водопользователей.

Единица измерения: расход (л/с, м<sup>3</sup>/с); сток (тыс. м<sup>3</sup>, млн м<sup>3</sup>).



***Частота мониторинга:***

- Ежечасно (контрольные посты ЮФМК).
- 3 раза в сутки (контрольные посты и гидросты отводов из ААБК).
- 4 раза в сутки (гидросты отводов из ЮФМК).

***Тип информации по воде в зависимости от ее назначения:***

- Фактическая – служит для контроля за водораспределением.
- Плановая – определяет ориентировочный спрос на воду.
- Заявка – уточняет спрос пользователя на воду в зависимости от складывающихся погодных и хозяйственных условий.
- Лимит-уставка – результат увязки заявки и лимита-квоты водопользователя.
- Лимит-квота – отражает право пользователя на воду.

***Тип информации по воде в зависимости от пространства:***

- Головной водозабор в МК.
- Водоподача из МК.
- Боковой приток (подпитка ЮФМК из Каркидонского водохранилища, Маргиланская, ...).
- Боковой отток воды (водоподача в зону ПК; транзит воды через ПК в зону соседней системы - транзит для подпитки Каркидонского водохранилища, БФК и БАК из ЮФМК; сброс из ПК).
- Концевой отток воды (транзит, сброс).

***Тип информации по воде в зависимости от категории водопотребителя:***

- Водоподача на орошение.
- Водоподача на культурно-технические и экологические нужды (КТЭН) – протехнужды, коммунальные нужды и т.д.

***Тип информации по воде в зависимости от времени:***

- Часовая.
- Суточная.
- Декадная.
- Сезонная.

- Годовая.

***Информация нормативная:***

- Пропускная способность канала.
- Режимы орошения сельхозкультур.
- Климатические и высотные зоны.
- Гидромодульные районы.

***Информация по земле:***

- Орошаемая площадь сельхозкультур в разрезе отводов, климатических зон, гидромодульных районов, (га).
- Орошаемая площадь повторных и промежуточных сельхозкультур, (га).

***Экономическая информация:***

- Тарифы на водные услуги УК, АВП, (\$).
- Собираемость платы за водные услуги УК, АВП, (\$).
- Другие.

## 4.2. Показатели

В этом разделе приведены словесное описание алгоритма и примеры расчета показателей водораспределения. Формулы для расчета показателей водораспределения приведены в прил. 10.

### 4.2.1. Коэффициент водообеспеченности

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{\text{Фактическая водоподача}}{\text{Плановая водоподача}}. \quad (4.1)$$

Оптимальным (с биологической точки зрения) является случай, когда коэффициент водообеспеченности равен 1. Коэффициент водообеспеченности на практике не всегда точно отражает степень обеспеченности сельхозкультур в воде.

Коэффициент водообеспеченности<sup>14</sup>, в зависимости от цели анализа, рассчитывается

- Для отвода и группы отводов.
- Относительно плана и лимита: факт/план, факт/лимит.
- Для декады и расчетного периода.

Группа отводов, в зависимости от состава и количества отводов, входящих в группу и получающих воду из ПК, может представлять хозяйство, АВП, район, область, республику, зону балансового участка ПК, всю зону ПК (системы) в целом и т.д.

Расчетным периодом может быть, в зависимости от номеров декад, входящих в состав периода, любой отрезок времени: год, вегетационный период, вневегетационный период, часть вегетационного или вневегетационного периодов (сезона).

В практике водораспределения используются расчеты «нарастающим итогом», когда показатель определяется для периода, начинающегося с первой декады и заканчивающегося последней декадой расчетного периода<sup>15</sup>.

### Примеры расчета коэффициента водообеспеченности

#### а) Отвод

- Декада: 3 декада апреля
- Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{790}{1149} = 0,69 .$$

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{583 + 661 + 790}{583 + 829 + 1149} = \frac{2034}{2561} = 0,79 .$$

<sup>14</sup> Коэффициенты водообеспеченности, стабильности, равномерности и др. являются безразмерными. Чтобы выразить коэффициенты в процентах, надо увеличить их на 100.

<sup>15</sup> Здесь и далее имеются в виду расчеты «нарастающим итогом».

Таблица 4.1

## Расчет коэффициентов водообеспеченности для отвода

Показатели	Единица измерения	Апрель			За расчетный период
		1	2	3	
Плановая водоподача	тыс. м <sup>3</sup>	583	829	1149	2561
Фактическая водоподача	тыс. м <sup>3</sup>	583	661	790	2034
Водообеспеченность		1,0	0,80	0,69	0,79

## б) ПК

- Декада: 3 декада апреля
- Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{52183}{56182} = 0,93.$$

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{45136 + 49889 + 52183}{35184 + 37595 + 56182} = \frac{147208}{128961} = 1,14.$$

Таблица 4.2

## Расчет коэффициентов водообеспеченности для ПК

Показатели	Единица измерения	Апрель			За расчетный период
		1	2	3	
Плановая водоподача	тыс. м <sup>3</sup>	35184	37595	56182	128961
Фактическая водоподача	тыс. м <sup>3</sup>	45136	49889	52183	147208
Водообеспеченность		1,28	1,33	0,93	1,14

#### 4.2.2. Коэффициент суточной стабильности водоподачи<sup>16</sup>

##### а) Отвод

Коэффициент суточной стабильности =  $1 - \frac{\text{Среднеквадратическое отклонение внутрисуточных наблюдений расходов воды относительно среднесуточного расхода воды}}{\text{Среднесуточный расход воды}}$  (4.2)

##### б) Группа отводов

Коэффициент суточной стабильности по группе отводов =  $\frac{\text{Среднеарифметическое значение коэффициентов суточной стабильности по отводам}}{\text{Среднеарифметическое значение коэффициентов суточной стабильности по отводам}}$  (4.3)

Коэффициент суточной стабильности характеризует уровень стабильности расходов воды в течение суток

- В точке водозабора в ПК (суточная стабильность головного водозабора в ПК).
- В точках боковых притоков в ПК.
- На контрольных гидropостах ПК.
- По отводу (суточная стабильность водоподачи).
- По группе отводов (хозяйство, АВП, ПК и т.д.).

Максимальное значение коэффициента стабильности равно 1.

В практике водораспределения коэффициент стабильности, также как коэффициент равномерности, пока не применяется, так как определение его без компьютера – это достаточно трудоемкий процесс и, главное, в стабильности и равномерности водоподачи, в принципе, заинтересованы не столько водники, сколько водопользователи.

#### Пример расчета коэффициента суточной стабильности водозабора

##### а) Контрольный пост №1 (головной водозабор)

*Сутки: 1 апреля*

<sup>16</sup> Нижеприведенные формулы для расчета коэффициентов стабильности водоподачи (суточной и декадной) можно использовать для расчета коэффициентов стабильности расходов воды на контрольных гидropостах ПК.

Таблица 4.3

**Исходная информация к расчету коэффициента  
суточной стабильности водозабора**

Время наблюдений, час	(Q),	(Q-Q <sub>ср</sub> )	(Q-Q <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>	$\frac{\sum (Q_{ср} - Q)^2}{24 + 1}$	$\sqrt{6.191}$
1	52,2	-2,18	4,767		
2	52,2	-2,18	4,767		
24	45,9	4,12	16,947		
Среднее	50,02			6,191	2,48
Сумма	1200		154,77		

Где:

Q – расход воды в момент внутрисуточных наблюдений, м<sup>3</sup>/с;

Q<sub>ср</sub> – среднесуточный расход воды, м<sup>3</sup>/с.

$$\text{Коэффициент суточной стабильности водозабора} = 1 - \frac{2,48}{50,02} = 0,95 .$$

На контрольных постах ЮФМК организованы почасовые наблюдения за расходом воды.

#### 4.2.3. Коэффициент декадной стабильности водоподачи

а) Отвод

$$\text{Коэффициент декадной стабильности} = 1 - \frac{\text{Среднеквадратическое отклонение среднесуточных расходов воды относительно среднедекадного расхода}}{\text{Среднедекадный расход воды}} \quad (4.4)$$

б) Группа отводов

$$\text{Коэффициент декадной стабильности по группе отводов} = \frac{\text{Среднеарифметическое значение коэффициентов декадной стабильности по отводам}}{\text{Среднеарифметическое значение коэффициентов декадной стабильности по отводам}} \quad (4.5)$$

**Пример расчета коэффициента декадной стабильности по отводу**

Таблица 4.4

**Исходная информация к расчету коэффициента  
декадной стабильности водоподачи**

Сутки	Q	Q - Q <sub>ср</sub>	(Q - Q <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup>	Σ(Q - Q <sub>ср</sub> ) <sup>2</sup> /11	$\sqrt{0.003273}$
11	0,8	0,02	0,0004		
12	0,8	0,02	0,0004		
19	0,8	0,02	0,0004		
20	0,8	0,02	0,0004		
Сумма	8,2		0,036		
Среднее	0,82			0,003273	0,057

Где

Q – среднесуточный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

Q<sub>ср</sub> – среднедекадный расход воды, м<sup>3</sup>/с.

$$\text{Коэффициент декадной стабильности водоподачи} = 1 - \frac{0,057}{0,82} = 0,93 .$$

Коэффициент декадной стабильности за расчетный период по отводу (или группе отводов) определяется как среднеарифметическое значение коэффициентов декадной стабильности по декадам расчетного периода.

Таблица. 4.5

**Расчет коэффициент декадной стабильности  
за период с 1 декады апреля по 3 декаду апреля**

Показатель	Апрель			За расчетный период
	1	2	3	
Декада				
Декадная стабильность	0,67	0,80	0,85	0,77

#### 4.2.4. Коэффициент равномерности водоподачи

а) Отвод или группа отводов (хозяйство, АВП, район, область и т.д.)

$$\text{Коэффициент равномерности водоподачи} = 1 - \frac{\text{Абсолютное значение разности между водообеспеченностью отвода (или группы отводов) и водообеспеченностью ПК}}{\text{Водообеспеченность ПК.}} \quad (4.6)$$

Основополагающим принципом водораспределения, вытекающим из принципа социальной справедливости, в настоящее время является – принцип пропорциональности.

Критерием оценки справедливости фактического распределения воды между водопользователями является коэффициент равномерности водоподачи.

Максимальное значение коэффициента равномерности равно 1. Чем выше коэффициент равномерности, тем справедливее происходит процесс водораспределения из ПК.

б) ПК

$$\text{Коэффициент равномерности водоподачи из ПК} = \text{среднеарифметическое значение коэффициентов равномерности водоподачи водопользователей ПК.} \quad (4.7)$$

#### Примеры расчета коэффициента равномерности водоподачи

а) Отвод

*Декада: 3 декада апреля*

$$\text{Коэффициент равномерности} = 1 - \frac{|0,69 - 0,90|}{0,90} = 0,77.$$

*Расчетный период: 1 - 3 декады апреля*

$$\text{Коэффициент равномерности} = 1 - \frac{|0,79 - 0,83|}{0,83} = 0,95.$$



Таблица 4.6

## Расчет коэффициентов равномерности по отводу

Показатели	Апрель			За расчетный период
	1	2	3	
Водообеспеченность отвода	1,0	0,80	0,69	0,79
Водообеспеченность ПК	0,80	0,78	0,90	0,83
Равномерность по отводу	0,75	0,97	0,77	0,95

б) ПК

Расчетная декада: 3 декада апреля.

Расчетный период: 1 – 3 декады апреля.

Таблица 4.7

## Расчет коэффициентов равномерности по ПК

Показатели	Номера водопользователей			ПК
	1	2	3	
Декадная равномерность	0,70	0,80	0,90	0,80
Декадная равномерность за расчетный период	0,80	0,90	1,00	0,90

$$\text{Коэффициент декадной равномерности} = \frac{0,7 + 0,8 + 0,9}{3} = 0,8.$$

$$\text{Коэффициент декадной равномерности ПК за расчетный период} = \frac{0,8 + 0,9 + 1,0}{3} = 0,9.$$

## 4.2.5. Коэффициент равномерности «голова-конец»

В практике водораспределения, как правило, существует проблема «голова-конец», когда, расположенные выше по течению источника орошения водопользователи, лучше обеспечены водой, чем нижерасположенные.

Коэффициент равномерности «голова-конец» отражает справедливость распределения воды по длине канала.

Коэффициент равномерности «голова-конец» =  $1 - \frac{\text{Абсолютное значение разности между водообеспеченностью 25\% водопользователей конечного участка ПК и 25\% водопользователей головного участка ПК}}{\text{Водообеспеченность 25\% водопользователей конечного участка ПК}}$  (4.8)

**Пример расчета коэффициента равномерности водоподачи «голова-конец»**

**Таблица 4.8. Исходная информация к расчету коэффициента равномерности «голова-конец»**

Головной участок			Концевой участок		
№:	Водопользователи	Коэффициент водообеспеченности	№:	Водопользователи	Коэффициент водообеспеченности
1	Узбекистан	0,94	1	Улугбек	0,92
2	Риштан	0,94	2	Ташкент	0,86
3	Хужаобод	0,88	3	Кучкорчи	0,58
4	Фархад	0,96	4	Эргашев	0,71
5	Турдиев	0,91	5	Навой	0,73
	Среднее	0.93		Среднее	0,76

$$\text{Коэффициент равномерности "голова - конец"} = 1 - \frac{|0,76 - 0,93|}{0,76} = 0,78$$

**4.2.6. Коэффициент полезного действия (КПД)**

$$\text{Технический КПД} = \frac{\text{Водоподача} + \text{Транзит} + \text{Сброс}}{\text{Головной водозабор} + \text{Боковой приток}} \quad (4.9)$$

В принципе максимальное значение технического КПД не может быть больше 1. Однако в практике водораспределения, в силу того, что рассредоточенный приток воды в ПК учесть очень сложно, имеют место случаи, когда КПД больше 1.

Водозабор в ПК может формироваться за счет головного водозабора в ПК и боковых притоков. Например, водозабор в ЮФМК формируется за счет головного водозабора из Шахриханся, а также за счет боковых притоков из

Акбурася, Араванся, Бешалишся, Маргиланся и за счет подпитки из Каркидонского водохранилища.

$$\text{Организационный КПД} = 1 - \frac{\text{Сброс} + \text{Сверхплановая водоподача}}{\text{Головной водозабор} + \text{Боковой приток}} \quad (4.10)$$

$$\text{Эксплуатационный КПД} = \text{Технический КПД} + \text{Организационный КПД} - 1. \quad (4.11)$$

$$\text{КПД}^{17} \text{ системы орошения} = \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети} \times \text{КПД внутрихозяйственной сети} \times \text{КПД поля}. \quad (4.12)$$

$$\text{КПД оросительной системы} = \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети} \times \text{КПД внутрихозяйственной сети}. \quad (4.13)$$

$$\text{КПД межхозяйственной оросительной системы} = \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети}. \quad (4.14)$$

### Примеры расчета КПД балансового участка ПК

#### а) КПД БУ

*Декада: 3 декада апреля*

$$\text{КПД БУ} = \frac{2589 + 57497 + 0}{61690 + 0} = 0,97.$$

*Расчетный период: 1 - 3 декады апреля*

$$\text{КПД БУ} = \frac{7388 + 158165 + 0}{170316 + 0} = 0,97.$$

---

<sup>17</sup> Здесь и далее под «КПД» (если нет никаких пояснений типа «организационный», «эксплуатационный») будем иметь в виду технический КПД.

Таблица 4.9

## Расчет КПД БУ

Показатели	Единица измерения	Апрель			Расчетный период
		1	2	3	
Головной водозабор в БУ	Тыс. м <sup>3</sup>	54065	54562	61690	170316
Водоподача из БУ	Тыс. м <sup>3</sup>	2121	2678	2589	7388
Транзит через БУ	Тыс. м <sup>3</sup>	49956	50712	57497	158165
Сброс из БУ	Тыс. м <sup>3</sup>	0	0	0	0
Боковой приток в БУ	Тыс. м <sup>3</sup>	0	0	0	0
КПД БУ		0,96	0,98	0,97	0,97

## б) КПД ПК

Декада: 3 декада апреля

$$\text{КПД ПК} = \frac{52183 + 3456 + 5249}{61690} = 0,99.$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{КПД ПК} = \frac{147208 + 3456 + 9860}{170316} = 0,94.$$

Таблица 4.10

## Расчет КПД ПК

Показатели	Единица измерения	Апрель			Расчетный период
		1	2	3	
Головной водозабор в ПК	тыс. м <sup>3</sup>	54065	54562	61690	170316
Водоподача из ПК	тыс. м <sup>3</sup>	45136	49889	52183	147208
Транзит через ПК	тыс. м <sup>3</sup>			3456	3456
Сброс из ПК	тыс. м <sup>3</sup>	2587	2024	5249	9860
Боковой приток в ПК	тыс. м <sup>3</sup>	0	0	0	0
КПД ПК		0,88	0,95	0,99	0,94

## с) Организационный КПД ПК

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Организационный КПД ПК} = 1 - \frac{5249 + 0}{61690 + 0} = 0,91.$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Организационный КПД ПК} = 1 - \frac{9860 + 22245}{170316 + 0} = 0,81.$$

Таблица 4.11

## Расчет организационного КПД ПК

Показатели		Единица измерения	Апрель			Расчетный период
			1	2	3	
Головной водозабор в ПК	Факт	тыс. м <sup>3</sup>	54065	54562	61690	170316
Водоподача из ПК	Факт	тыс. м <sup>3</sup>	45136	49889	52183	147208
	План	тыс. м <sup>3</sup>	35184	37595	56182	128961
Сверхплановая водоподача из ПК		тыс. м <sup>3</sup>	9952	12293	0	22245
Боковой приток в ПК	Факт	тыс. м <sup>3</sup>	0	0	0	0
Сброс из ПК	Факт	тыс. м <sup>3</sup>	2587	2024	5249	9860
Организационный КПД ПК			0,77	0,74	0,91	0,81

d) Эксплуатационный КПД ПК

*Декада: 3 декада апреля*

$$\text{Эксплуатационный КПД ПК} = 0,99 + 0,91 - 1 = 0,90.$$

*Расчетный период: 1 - 3 декады апреля*

$$\text{Эксплуатационный КПД ПК} = 0,94 + 0,81 - 1 = 0,75.$$

## 4.2.7. Удельная водоподача

$$\text{Удельная водоподача} = \text{Водоподача} / \text{Орошаемая площадь}. \quad (15)$$

В зависимости от вида исходной информации различают фактическую и плановую удельную водоподачу. Наибольшую ценность представляет показатель удельной водоподачи, определенный в разрезе сельхозкультур.

В практике водораспределения, из-за отсутствия или слабости внутриводхозяйственного водоучета, такая информация, как правило, отсутствует, а если она есть, то достоверность ее низкая. Поэтому, обычно, пользуются показателем «удельная водоподача «на комплексный гектар»». Ниже приведены

примеры расчета удельных водоподач на комплексный гектар по отводу и ПК в разрезе декады и расчетного периода.

### Примеры расчета удельной водоподачи (факт)

#### а) Отвод

*Декада: 3 декада апреля*

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{790,6}{1691} = 0,47 \text{ тыс. м}^3 / \text{га}$$

*Расчетный период: 1 - 3 декады апреля*

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{583,2 + 829,4 + 790,6}{1691} = 1,3 \text{ тыс. м}^3 / \text{га.}$$

#### а) Группа отводов

*Декада: 3 декада апреля*

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{2589,4}{5777} = 0,45 \text{ тыс. м}^3 / \text{га.}$$

*Расчетный период: 1 - 3 декады апреля*

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{2120,9 + 2678,4 + 2589,4}{5777} = 1,28 \text{ тыс. м}^3 / \text{га.}$$

**Таблица 4.12**

### Расчет удельной водоподачи

Показатели	Единица измерения	Объекты	Апрель			За расчетный период
			1	2	3	
Водоподача	тыс. м <sup>3</sup>	Отвод	583,2	829,4	790,6	2203,2
		Группа отводов	2120,9	2678,4	2589,4	7388,7
Орошаемая площадь	га	Отвод	1691			
		Группа отводов	5777			
Удельная водоподача	тыс. м <sup>3</sup> /га	Отвод	0,34	0,49	0,47	1,30
		Группа отводов	0,37	0,46	0,45	1,28

#### 4.2.8. Удельный водозабор (в ПК)

$$\text{Удельный водозабор в ПК} = \text{Удельная водоподача из ПК} / \text{КПД ПК} \quad (16)$$

#### Пример расчета удельного водозабора

Таблица 4.13

#### Расчет КПД ПК

Показатели	Единица измерения	Апрель			Расчетный период
		1	2	3	
Декада		1	2	3	
Водоподача из ПК	тыс. м <sup>3</sup>	45136	49889	52183	147208
Орошаемая площадь	га	83000			
Удельная водоподача	тыс. м <sup>3</sup> /га	0,54	0,60	0,63	1,77
КПД ПК		0,88	0,95	0,99	0,94
Удельный водозабор	тыс. м <sup>3</sup> /га	0,62	0,63	0,64	1,88

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Удельный водозабор} = \frac{0,63}{0,99} = 0,64 \text{ тыс. м}^3 / \text{га.}$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Удельный водозабор} = \frac{1,7}{0,94} = 1,88 \text{ тыс. м}^3 / \text{га.}$$

#### 4.2.9. Коэффициент эффективности ирригации<sup>18</sup>

$$\begin{aligned} & \text{Коэффициент эффективности ирригации} = \\ & = \text{Суммарная эвапотранспирация с зоны ПК} / \text{Удельный водозабор.} \end{aligned} \quad (17)$$

#### Пример расчета коэффициента эффективности ирригации по ЮФМК

$$\text{Коэффициент эффективности ирригации по ЮФМК} = \frac{7,26}{12,5} = 0,58$$

<sup>18</sup> Строго говоря, в этой формуле должны были бы быть представлены и другие составляющие водного баланса. Упрощение формулы вызвано проблемами получения информации по ним (осадки, инфильтрация и другие).

Таблица. 4.14

**Расчет коэффициентов эффективности ирригации по пилотным каналам  
(вегетация 2003 г.)**

№	Показатели	Единица измерения	ЮФМК	ААК	ХБК
1	Водозабор (головной водозабор + подпитка – транзит)	млн. м <sup>3</sup>	1049,78	116,26	129,42
2	Удельный водозабор на орошение	тыс. м <sup>3</sup> /га	12,50	12,57	16,00
3	Суммарная эвапотранспирация	тыс. м <sup>3</sup> /га	7,26	7,58	7,73
4	Коэффициента эффективности ирригации		0,58	0,61	0,50

#### 4.2.10. Коэффициент продуктивности воды

$$\begin{aligned} & \text{Коэффициент физической продуктивности воды} = \\ & \frac{\text{Количество продукции сельхозоз яйственной культуры}}{\text{Количество воды поданной из ПК на получение сельхозкул ьтуры}} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} & \text{Коэффициент экономической продуктивности воды} = \\ & \frac{\text{Стоимость продукции сельхозкультур}}{\text{Количество воды поданной из ПК на получение сельхозкультур}} \end{aligned} \quad (19)$$

#### 4.2.11. Коэффициент собираемости платы за водные услуги

$$\begin{aligned} & \text{Коэффициент собираемости платы за водные услуги} = \\ & \frac{\text{Фактическая сумма собранных платежей за услуги}}{\text{Плановая сумма платежей за водные услуги}} \end{aligned} \quad (20)$$

#### 4.2.12. Удельные затраты на эксплуатацию и поддержание

$$\begin{aligned} & \text{Удельные затраты на эксплуатацию и поддержание} = \\ & \frac{\text{Затраты на эксплуатацию и поддержание}}{\text{Водоподача}} \end{aligned} \quad (21)$$



### 4.3. ОЦЕНКА ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Оценка - это систематический процесс сравнения показателей для выявления отклонений в качестве управления водой.

Процесс оценки включает сравнение показателей различных

- Расчетных периодов (сутки, декады сезон, год, годы),
- Типов оросительных систем (ОС),
- Участков оросительной системы (балансовых участков),
- Типов одопользователей (хозяйство, АВП, район, область, республика),
- Видов (фактических, плановых, нормативных).

Если исходная информация является достоверной, оценка имеет

- Теоретическую и
- Практическую ценность.

Оценка имеет практическую ценность, то есть реально способствует улучшению качества управления водой лишь тогда, когда ответственные лица

- Хотят и (или) вынуждены делать оценку.
- Умеют делать оценку.
- Хотят и (или) вынуждены принимать решения по изменению качества управления водой к лучшему.
- Имеют возможность (финансовую, техническую, кадровую) реализовать принятые решения.

Факторы, сдерживающие повышение качества оценок и качества управления водой:

- Финансово-экономические факторы:
  - Отсутствие у водников и водопользователей финансовых стимулов к водосбережению и повышению качества управления водой.
  - Организация эффективного мониторинга качества управления водой требует значительных затрат.

- Отсутствие платы за водные услуги. Наличие платы за водные услуги – условие необходимое, но недостаточное для повышения качества оценок и качества управления водой.
- Социально-организационные факторы:
  - Работа водников оценивается водниками, а не водопользователями (дефицит общественного участия).
  - Прочие факторы.

### 4.3.1 Виды оценок

Оценка водораспределения может быть внешней и внутренней.

- Внешняя оценка характеризует затраты и результаты функционирования ирригационных систем; она делает возможным сравнение функционирования одной системы с другими подобными системами.
- Внутренняя оценка характеризует процессы, протекающие внутри системы и ведущие к получаемым в ее рамках результатам; она служит для сравнения фактических результатов с теми, которые были заявлены (с планом).

В процессе анализа водораспределения необходимо постоянно искать ответы на следующие вопросы:

- «Делаю ли я все правильно?».
- «Правильно ли вообще то, что я делаю?».

Отвечая на первый вопрос, вы оцениваете качество *управления* водой (сопоставляете факт с планом (лимитом)), а, отвечая на второй вопрос, вы оцениваете качество *руководства* водой (сопоставляете достигнутое с целью, с установленной нормой).

Предположим, что показатели водообеспеченности, стабильности, равномерности в зоне машинного орошения ЮФМК являются приемлемыми (то есть факт близок к плану). Из этого предположения вытекало бы, что водоподача осуществляется правильно и служба эксплуатации ЮФМК управляет водой хорошо. Но, однако, из внутренней оценки нельзя выяснить – является ли эффективной водная политика в зоне ЮФМК по сравнению с системами других регионов и стран? Чтобы ответить на эти вопросы, следует сделать внешнюю оценку.

Внешняя оценка (относительно низкая физическая и экономическая продуктивность воды) может зародить сомнение в целесообразности водоподачи

в зону машинного орошения или натолкнуть на мысль о необходимости внедрения в этой зоне водосберегающих технологий и выращивания высокоценных культур.

#### 4.3.2. Порядок оценки

Анализ оперативных (суточных, декадных) показателей проводится в течение всего сезона, а анализ итоговых показателей делается после окончания сезона.

Оценку водораспределения целесообразно проводить в следующей последовательности:

- Расчет показателей в разрезе отводов, насосных станций, декад, сезонов, водопользователей, районов, областей, балансовых участков, контрольных постов, пилотных каналов и т. д.
- Построение сопоставительных диаграмм.
- Выявление на диаграммах резко выделяющихся значений (явно заниженные или явно завышенные) исходных данных и показателей.
- Исследование и объяснение, результатом чего являются эти резкие отклонения.
- Устранение ошибок (если они обнаружены) в исходной информации.
- Анализ диаграмм и оценка тенденций (во времени и пространстве), наметившихся в руководстве и управлении водораспределением, и причин, вызвавших эти тенденции.

Резкие отклонения могут быть результатом ошибок в исходной информации или других причин:

- КПД больше единицы - наличие неучтенного бокового притока и др.
- Резкое снижение КПД - воровство воды, или неучтенный сброс и др.
- Завышенные значения удельных водоподач и водообеспеченности - неправильный учет транзита и др.
- Заниженное значение водообеспеченности – отсутствие учета в ПВ возвратного стока, воровство, недостоверность информации об орошаемых площадях и др.
- Высокая стабильность – наличие регулирующих емкостей (водохранилищ), недостоверность отчетной информации и др.

В ходе оценки могут быть обнаружены тенденции и причины, вызвавшие их:

- Рост коэффициентов равномерности и стабильности может быть результатом роста общественного участия в руководстве водой.
- Рост коэффициента водообеспеченности может быть как результатом повышенной водности года, так и уточнением спроса на воду (снижением плановой водоподачи).
- Снижение коэффициента водообеспеченности может быть как результатом низкой водности года, так и уточнением размера орошаемых площадей (учет повторных и промежуточных культур), а также результатом введения платы за водные услуги.
- Относительно высокий коэффициент физической продуктивности воды в зоне ЮФМК не означает, что относительно высоким является и коэффициент экономической продуктивности воды. Причина - низкие (относительно мировых) закупочные цены на хлопчатник.
- Снижение тех или иных показателей водораспределения может быть результатом воздействия на водное хозяйство внешних причин: социальных потрясений, массовых отвлечений водников на работы, не связанные непосредственно с их прямыми функциональными обязанностями, а также неожиданного вмешательства в процесс водораспределения (прекращение попусков из водохранилища) и т.д.

В прил. 11 и 12 приведены примеры мониторинга и оценки показателей водораспределения, а также их диаграммы.

## **5. Приложения**

## Приложение 1 - Сокращения

ААК	Араван-Акбуринский канал
АВП	Ассоциация водопользователей
БВО	Бассейновая водохозяйственная организация
БД	База данных
БУ	Балансовый участок
БУВХ	Бассейновое управление водного хозяйства
БУИС	Бассейновое управление ирригационных систем
ВКК	Водный Комитет Канала
ВП	Водопользователь
ВХО	Водохозяйственная организация
ВХС	Внутрихозяйственная сеть
ГВП	Группа водопользователей
ГМР	Гидромодульный район
ГМС	Гидромелиоративная система
ГП	Гидропост
ГУ	Гидроучасток
ИУВР	Интегрированное управление водными ресурсами
ИУС	Информационно-управляющая система
КДС	Коллекторно-дренажная сеть
КПД	Коэффициент полезного действия
МК	Магистральный канал
ММиВХ	Министерство мелиорации и водного хозяйства
ОВП	Объединение водопользователей
ПВ	Планы водопользования (водораспределения)
СВК	Союз водопользователей канала
УИС	Управление ирригационных систем
УК	Управление канала
ФХ	Фермерское хозяйство
ХБК	Ходжа-Бакирганский канал
ЦАР	Центрально-Азиатский регион
ЮФМК	Южно-Ферганский магистральный канал

## Приложение 2 - Термины и определения

Бассейновый принцип управления	Управление водным фондом по гидрографическим признакам, реализуемое при распределении водных ресурсов в пределах бассейнов рек, озер и других водных объектов между административно-территориальными единицами.
Вегетационный период	Период с 1 апреля по 30 сентября.
Вневегетационный период	Период с 1 октября по 31 марта.
Водное хозяйство	Отрасль экономики, связанная с использованием, охраной и воспроизводством водных объектов.
Водные ресурсы	Общий объем имеющихся в наличии всех видов вод (поверхностных, подземных, возвратных), которые используются или потенциально могут быть использованы людьми и природой.
Водный режим	Изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в водных объектах и почвогрунтах.
Водозабор	Процесс забора воды в канал
Водозаборное сооружение	Комплекс сооружений и устройств для забора воды из водных объектов.
Водообеспеченность	Степень удовлетворения фактической потребности в воде хозяйства, системы, предприятия (отношение величины фактического водозабора (водоподачи) к их плановым (лимитным) значениям).
Водоподача <sup>19</sup>	Процесс подачи воды из канала.
Водопользование	Использование водных ресурсов в порядке, установленном законодательством, для удовлетворения собственных нужд и (или) коммерческих интересов физических и юридических лиц.
Водораспределение	Деятельность по забору воды из источника орошения и доставке ее до водопользователей.
Водосбережение	Система мер, обеспечивающая рациональное и эффективное использование водных ресурсов.
Водоток	Водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.
Водохозяйственная система	Комплекс взаимосвязанных водных объектов и гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны вод, а также для отведения сточных вод.
Водохозяйственные организации	Юридические лица, деятельность которых связана с регулированием, доставкой, воспроизводством вод, водоподготовкой, отведением сточных вод и эксплуатацией водных объектов.
Водохозяйственные сооружения	Искусственно созданные гидротехнические сооружения и устройства на водных объектах с целью регулирования, использования и охраны водных ресурсов, обеспечения водой населения и отведения сточных вод и устранения вредного

<sup>19</sup> Водозабор и водоподача – понятия относительные: водоподача в канал младшего порядка является водозабором из канала старшего порядка.

	воздействия вод.
Водохозяйственный год	С 1 апреля по 31 марта
Гидрологический год	С 1 октября – по 30 сентября
Гидромелиоративная система	Комплекс технологически взаимосвязанных гидротехнических сооружений, устройств и оборудования, предназначенных для орошения, обводнения и осушения земель.
Гидромодульный район	Территория, расположенная на землях с одинаковым составом почвогрунтов и одинаковой глубиной залегания грунтовых вод
Гидротехнические сооружения	Инженерные сооружения, используемые для управления водными ресурсами, подготовки, подачи, транспортировки воды водопользователям и водоотведения, а также предупреждения вредного их воздействия.
Декадный гидромодуль	Удельный расход водоподдачи на единицу поливной площади в течение одной декады календарного месяца, л/с на 1 га.
Заявка	Количество воды (сток, расход), заявленное водопользователем на предстоящую декаду с учетом сложившихся природно-хозяйственных условий.
Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР)	Система управления, основанная на учете и взаимодействии всех имеющихся водных (поверхностных, подземных и возвратных вод) и связанных с ними земельных и других природных ресурсов в пределах гидрографических границ, которая увязывает интересы различных отраслей и уровней иерархии водопользования и природопользования, вовлекая все заинтересованные стороны в принятие решений, планирование, финансирование, охрану и развитие водных ресурсов в интересах устойчивого развития общества и охраны природы
Источник орошения	Река, каналы, родники, скважины на орошение, из которых вода поступает пользователю
Канал	Искусственный открытый водовод.
Климатическая зона	Территория, характеризующаяся одинаковыми климатическими характеристиками.
Комплексный гектар	Условная единица орошаемой площади, содержащая весь относительный набор площадей орошаемых культур, га
Коэффициент полезного действия (КПД) канала (системы)	Показатель эффективности транспортировки воды по каналу (системе), определяемый отношением водоподдачи из канала (системы) к водозабору в канал (систему).
КПД техники полива	Показатель эффективности использования воды при поливе, определяемый отношением количества воды в расчетном слое почвы к общей водоподдаче на поле.
КТЭН	Культурно-технические и экологические нужды
Лимит-квота (право на воду)	Предельное количество воды (в абсолютных и (или) относительных величинах), которое водохозяйственная организация планирует подать водопользователю исходя из наличия водных ресурсов, то есть, то предельное количество воды, которое водопользователь имеет право получить.
Лимит-уставка	Количество воды (в абсолютных и (или) относительных величинах), которое водохозяйственная организация решила подать водопользователю (или водохозяйственной организации нижней иерархии) на основе увязки права на воду (лимита-квоты) водопользователя с его заявкой.



Организационные потери	Потери воды в канале, вызванные недостатками в управлении потоком воды (несанкционированный сброс).
Оросительная норма сельхозкультуры	Затраты оросительной воды на единицу орошаемой площади для выращивания сельхозкультуры.
Оросительная сеть	Система оросительных каналов, обеспечивающая транспортировку оросительной воды от источника к орошаемому массиву, распределение воды между отдельными хозяйствами или отдельными районами массива и подачу воды на поливной участок.
Оросительная система	Система гидротехнических сооружений для орошения земель
Оросительный канал	Искусственное сооружение, предназначенное для транспортировки воды от источников орошения к участкам, требующим орошения.
Орошение земель	Искусственное увлажнение почвы для повышения ее плодородия
Открытость	Наличие доступа к информации по водопользованию и водораспределению для всех заинтересованных сторон.
План водопользования	Часть производственного плана водопользователя (фермерское хозяйство,...) или объединения водопользователей (АВП, ПК, ...), отражающая требование водопользователя на воду в вегетационный (вневегетационный) период для года со среднемноголетними климатическими условиями.
Плановая водоподача (план)	Количество воды (сток, расход), которое полагается подать в соответствии с планом водопользования (водораспределения).
Поверхностные водные объекты	Постоянное или временное сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа, имеющих границы, объем и водный режим.
Повторные культуры	Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые после уборки озимых зерновых и хлопчатника (кормовые культуры, овощи, бахча и т.д.).
Поливная норма	Норма водоподачи на единицу площади сельхозкультуры за 1 полив ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).
Поливной гидромодуль	Удельный расход водоподачи на единицу поливной площади в течение 1 полива (л/с на 1га).
Поливной контур	Участок орошаемого поля хозяйства, занятый одним видом сельхозкультуры, расположенный в одном ГМР, питающийся из одного хозяйственного оросителя. Поливной контур – единица водопользования.
Попуски	Периодическая или эпизодическая подача воды из водохранилища для регулирования расхода или уровня воды на нижележащем участке водотока или уровня воды в самом водохранилище.
Почвенно-мелиоративная область	Территория, имеющая одинаковый механический состав почвогрунтов и глубину грунтовых вод.
Прозрачность	Возможность отслеживать действия лиц, принимающих решение по водопользованию и водораспределению.
Проводящая сеть	Система постоянных каналов (магистральные, межассоциационные, ассоциационные, хозяйственные).
Промывная норма	Норма водоподачи на единицу площади для удаления избыточных солей из почвогрунтов ( $\text{м}^3/\text{га}$ ).

Пропускная способность	Максимальный расход, который может пропустить канал.
Расход	Объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени (л/с, м <sup>3</sup> /с).
Регулирующая сеть	Временные оросители, выводные борозды, поливные борозды и полосы
Режим орошения	Совокупность числа норм и сроков поливов сельхозкультур и насаждений, а также нормы и сроки водоподачи на промывные и другие виды вневегетационных поливов.
Сбросной канал	Искусственное сооружение, являющееся продолжением распределительной сети и используемое для сброса использованной и излишней воды в русло реки или естественное понижение местности.
План водораспределения	План забора воды из источника орошения и доставки ее по системе каналов до водопользователя
Стейкхолдеры	Лица (физические и юридические), имеющие непосредственное или косвенное отношение к водопользованию и водораспределению.
Сток	Количество воды, протекающее через сечение водотока за какой-либо интервал времени (л, м <sup>3</sup> ).
Сточные воды	Использованные или поступившие с загрязненной территории воды, сбрасываемые в естественные или искусственные водные объекты или в рельефы местности.
Удельный водозабор (водоподача)	Затраты оросительной воды на комплексный гектар орошаемой площади (м <sup>3</sup> /га).
Фактическая водоподача (факт)	Количество воды (сток, расход) реально полученное водопользователем.
Хозяйство	Сельскохозяйственное предприятие (ФХ, КХ, ДХ, МСК), до границы которого подводит воду служба ирригации АВП

## Приложение 3 - Классификация

### Классификация источников орошения

*По происхождению:*

- Естественный (река, сай, озеро, родник).
- Искусственный (водохранилище, канал, коллектор).

*По принадлежности:*

- Региональный.
- Республиканский.
- Областной.
- Районный.
- Хозяйственный.

*По степени зарегулированности:*

- Зарегулированный.
- Частично зарегулированный.
- Незарегулированный.

*По расположению относительно поверхности земли:*

- Поверхностный.
- Подземный.

### Классификация водных организаций

*По типу собственности:*

- Межгосударственная (БВО).
- Государственная (УК, облводхоз, райводхоз).
- Общественная (СВК, АВП);

*По принципу создания:*

- Административная (облводхоз, райводхоз).
- Гидрографическая (БВО, УИС, БУВХ, УК).

### Классификация оросительных систем

*По типу водозабора*

- Самотечная.
- С машинным водоподъемом.

По принадлежности

- Межхозяйственная система (МХС).
- Внутрихозяйственная система (ВХС).

*По техническому уровню (в зависимости от оснащенности гидротехнической инфраструктурой):*

- Неинженерная (КПДс – 0,3-0,5).
- Полуинженерная (КПДс – 0,4-0,65).
- Инженерная (КПДс – 0,5-0,7).

*По техническому состоянию:*

- 1 разряд – состояние хорошее (реконструкция и дооборудование не нужно).
- 2 разряд – удовлетворительное (требуется частичная реконструкция).
- 3 разряд – ниже удовлетворительного (требуются большие работы по реконструкции и дооборудованию).
- 4 разряд – плохое (требуется коренная реконструкция).

**Элементы ГМС:**

- Водозаборное сооружение.
- Магистральный канал.
- Распределительные каналы.
- Гидротехнические сооружения.
- КДС (коллектор, дрена).
- Устройства и средства для мониторинга (гидропосты, наблюдательные скважины, вертушки, нивелир, теодолит и т.д.).
- Коммуникационные средства (связь, транспорт).
- Вспомогательная инфраструктура (ремонтно-эксплуатационная техника, инструменты, здания, склады, запасы строительных материалов).

**Параметры ГМС:**

- Обслуживаемая площадь, структура орошаемых площадей.
- Количество источников орошения (ИО).
- Количество и тип (категория) обслуживаемых хозяйств-водопользователей (ВП).
- Количество водовыделов.
- Общая и удельная протяженность оросительных систем (ОС) (в земляном русле, в облицовке).
- Оснащенность инфраструктурой (количество и тип гидропостов, ГТС и т.д.).

- Пропускная способность.
- КПД (МК, МХС, ВХС, системы).
- Коммуникации (связь, транспорт, дороги).

### **Критерии оценки работы ОС**

#### *Технические критерии:*

- Минимальные технические потери воды.
- Стабильность водоподачи.
- Максимальная физическая продуктивность воды.

#### *Организационный критерий:*

- Минимальные организационные потери воды.

#### *Социальный критерий:*

- Равномерность.

#### *Экономический критерий:*

- Максимальная экономическая продуктивность воды.

### **Классификация водопользователей (сельскохозяйственных предприятий, организаций)**

#### *По типу собственности:*

- Государственное.
- Частное.

#### *По степени кооперации:*

- Коллективное.
- Индивидуальное.

#### *По специализации:*

- Растениеводческое.
- Животноводческое.
- Коммунально-бытовое, культурно-техническое.

#### *По размерам:*

- Мелкое.
- Среднее.
- Крупное.

#### *По форме организации:*

- Акционерное общество.
- Корпорация.

- Агрофирма.
- Колхоз.
- Кооператив (ширкат).
- Ассоциация (фермерских хозяйств, крестьянских (дежканских) хозяйств).
- Фермерское хозяйство.
- Крестьянское (дежканское) хозяйство.
- Прочие (приусадебные участки, подсобные хозяйства и садово-огородные товарищества).

## **Приложение 4 - Проблемы составления и проведения планов водопользования и водораспределения**

### **Недостаток методики составления ПВ**

- При составлении ПВ учитываются потери воды в оросительной сети (внутрихозяйственной и межхозяйственной), но не учитываются потери на поле (КПД поля). Предполагается, что эти потери учтены в режимах орошения. Это предположение верно для Таджикистана и Кыргызстана /1, 2/, а по Узбекистану ситуация неопределенная: по мнению ученых /3, 4/ КПД техники полива в режимах орошения не учтены. Об этом свидетельствует и следующая выдержка из пояснительной записки к утвержденным и действующим до настоящего времени режимам орошения, разработанным НПО «Союзхлопок» /5/: «Основным методом... расчета поливных и оросительных норм являются результаты полевых опытов по гидромодульным районам. ...Многочисленные данные полевых опытов по орошению отражают поливные и оросительные нормы–нетто, они должны быть увеличены на величину вынужденных потерь...». Странно, но факт, что ряд опрошенных специалистов-водников придерживаются противоположного мнения – они считают, что в режимах орошения потери на поле учтены.
- Предположим, что КПД поля в режимах орошения учтены. Возникает вопрос – как они могут быть хотя бы приблизительно, но достаточно корректно учтены, если КПД поля в значительной степени зависит от уклона поля, а режим орошения дифференцируется в лучшем случае по административным районам. Если учесть, что рельеф местности может сильно различаться даже в пределах одного хозяйства, то ясно, что средний по району КПД поля – есть величина «среднепотолочная».
- На наш взгляд, КПД поля должен учитываться не в режимах орошения, а при составлении ПВ для хозяйства. На основании данных картографических и других материалов для каждого поля должны быть установлены значения уклонов и прочая информация, на основе которых по методике Н.Т Лактаева /6/ и других ученых можно будет приблизительно рассчитать КПД поля.

### **Недостатки исходной информации**

- Режимы орошения сельхозкультур (значения оросительных и поливных норм сельхозкультур, а также сроки их поливов<sup>20</sup>) установлены в соответствии с климатическим районированием для среднемноголетних погодных условий, а не для конкретного года<sup>21</sup>.
- При расчете оросительной нормы не учитывается сорт и урожайность сельхозкультуры, хотя существуют формулы А.Н. Костякова и других авторов /7/, согласно которым оросительная норма культуры пропорциональна ее

<sup>20</sup> Причем сроки поливов установлены не для конкретного поливного участка, а для совокупности поливных участков, как правило, для площади бригады.

<sup>21</sup> В Ферганской области используются режимы орошения 1986 г.

урожайности. При таком подходе требование на воду для орошаемых земель (хозяйств-водопользователей), на которых получают высокие урожаи сельхозкультур, занижено относительно прочих хозяйств.

- Наиболее явно этот недостаток отражается на ПВ в Узбекистане из-за неточного учета требования на воду для зерновых. Режим орошения зерновых культур был установлен в Узбекистане для местных сортов. Сейчас, как правило, выращиваются высокоурожайные российские сорта пшеницы, а режимы орошения официально не изменены. Режим орошения местных зерновых предполагает 2 полива. Урожайность их была 18-20 ц/га. Сейчас сорта изменились. Пшеницу поливают 4-10 раз, а урожайность ее составляет 25–60 ц/га).
- В практике водопользования недостаток ПВ стараются учесть при корректировке ПВ, но при этом, как следствие, не выдерживается принцип пропорциональности.
- Плановая структура посевных площадей нередко (как правило, в Узбекистане) может отличаться от реальной структуры, поскольку сознательно или по другой причине не всегда (или не в полной мере) учитываются повторные и промежуточные культуры.
- Из-за отсутствия информации о фактическом КПД внутрихозяйственной сети в расчетах используются нормативные данные, точность которых неизвестна. Кроме того, известно, что КПД – величина, зависящая от расхода, а в расчетах она – величина постоянная.
- Плановые значения КПД каналов (систем) нередко отличаются от фактических значений эксплуатационных КПД.
- При рассмотрении почвенно-мелиоративных карт хозяйств, в большинстве случаев можно выделить несколько гидромодульных районов, но в планах водопользования гидромодульных районов гораздо меньше<sup>22</sup>.

### **Недостатки организации планирования водопользования**

- Опыт говорит о том, что в тех хозяйствах и водохозяйственных организациях, где культура водопользования высока, там отношение к планированию водопользования очень серьезное. И, наоборот, там, где происходит развал сельского и водного хозяйства, там не до планирования водопользования.
- В планах водопользования сознательно или бессознательно в недостаточной степени учитываются внутренние источники орошения в виде скважин, родников и, главное, возвратных вод. Если учесть, что, по мнению местных специалистов, в Ферганскую область забирается приблизительно столько же воды, сколько вытекает из нее, то ясно, что резервы ирригации, связанные с повторным использованием возвратных вод, очень велики. В то же время, следует отметить, что опытные водники при дефиците воды эти внутренние

<sup>22</sup> Земли по левому берегу ЮФМК в ПВ отнесены к 1 гидромодульному району, хотя они требуют гораздо более высоких норм полива. По всей вероятности использование и орошение таких земель принятыми режимами орошения не было предусмотрено, но они фактически используются и, будучи, отнесенными к 1 ГМР, искажают реальный спрос на воду



источники орошения стараются учесть. Лучше было бы, если бы они учли их при планировании водопользования.

- В абсолютном большинстве хозяйств нет специалистов, способных составить полноценный хозяйственный план водопользования и поэтому эти планы, как правило, составляются (или составлялись) в райводхозе. Но, так как хозяйств много (после реструктуризации их стало еще больше), а возможности у отдела водопользования ограничены, то хозяйственные планы водопользования составляются в упрощенном (более укрупненном) виде.
- Упрощенные хозяйственные планы водопользования дают информацию о том, какой Расход должен подаваться из межхозяйственных источников орошения на границе хозяйств. Каким же образом вода должна распределяться между участковыми и бригадными оросителями из плана узнать нельзя.
- Реструктуризация сельскохозяйственных предприятий, образование фермерских хозяйств требуют еще большей детализации ПВ, но сделать это теперь еще трудней, так как большинство фермеров понятия не имеют о планировании, а АВП, там, где они есть, в силу нередко собственной неграмотности и многочисленности фермерских хозяйств не способны правильно определить требование на воду.
- Принцип пропорциональности очень часто не выдерживается при корректировке ПВ как на межсистемном, так и на межхозяйственном уровнях, а также в течение вегетации. Происходит это как по объективным причинам (недостаточный уровень зарегулированности источников орошения и закольцованности оросительных систем), так и по субъективным причинам (допущение сознательных или бессознательных ошибок службой эксплуатации ВХС при корректировке ПВ).

В последние годы в ПВ хозяйств и в системных планах водораспределения практически, за редким исключением (крупный завод в г. Чкаловске и т.д.), перестали фигурировать «промтехнужды». Объясняется это тем, что многие предприятия не работают, а те, что работают, стараются использовать коллекторную воду или иметь свою скважину.

В Узбекистане каждый год выделяется лимит на «промтехнужды», но этот лимит, по мнению местных специалистов-водников, практически не используется, так как за эту воду надо платить.

### **Недостатки методики корректировки ПВ**

Сельскохозяйственная культура удовлетворяет свою потребность в воде за счет, в основном, двух вод: поверхностных и грунтовых. ПВ отражает потребность сельскохозяйственной культуры в поверхностной воде. Рассмотрим два варианта формирования режима грунтовых вод /8/.

- Режим грунтовых вод определяется, главным образом, мощным подземным притоком, то есть уровень грунтовых вод слабо зависит от колебаний поверхностного стока. В условиях дефицита воды при этом варианте в процессе корректировки плана водораспределения пропорционально ущемляется только та вода, которая поверхностным путем поступает водопользователям. Если

водопользователи располагаются в разных гидромодульных районах, то, ущемляя в равной степени поверхностную составляющую общего водопотребления сельскохозяйственных культур, мы не в равной степени ущемляем общее водопотребление.

- Для иллюстрации этой мысли рассмотрим два хозяйства, получающие воду из одного канала, но расположенные в разных гидромодульных районах, например, в 3 и 7 ГМР. Предположим, что суммарное водопотребление на комплексный гектар за счет поверхностных и грунтовых вод составляет 10 тыс. м<sup>3</sup>/га, а оросительные нормы соответственно 7 и 4 тыс. м<sup>3</sup>/га. При коэффициенте пропорциональности, равном 0.7, лимит первого хозяйства составит 4.9, а второго 2.8 тыс. м<sup>3</sup>/га. Тогда суммарное водопотребление первого хозяйства составит 7.9, а второго 8.8 тыс. м<sup>3</sup>/га. Таким образом, полная водообеспеченность первого хозяйства составит 79%, а второго – 88%. Водопользователь, расположенный в 7 ГМР оказывается при дефиците воды в более выгодном положении, чем водопользователь, расположенный в 3 ГМР. В практике водопользования этот недостаток метода корректировки опытные водники стараются учесть путем выравнивания полной водообеспеченности хозяйств.
- Режим грунтовых вод формируется за счет потерь из оросительных систем и орошаемых полей, то есть уровень грунтовых вод снижается пропорционально дефициту водных ресурсов. В этом случае пропорциональная урезка водоподдачи хозяйствам, расположенным в разных гидромодульных районах, также ведет к неравномерности суммарной водообеспеченности водопользователей, так как та вода, которая, к примеру, теряется на адырах (орошаемые земли на левом и частично на правом берегах ЮФМК) подпитывает грунтовые воды нижерасположенных земель.

### **Недостатки реализации ПВ**

- Качественному оперативному управлению потоком воды для реализации ПВ препятствует то обстоятельство, что техническое состояние каналов и ирригационной инфраструктуры (водозаборные сооружения, регуляторы, щиты, насосные станции, гидросты и т.д.) за последнее десятилетие ухудшилось из-за резкого снижения финансирования на поддержание и эксплуатацию ГМС.
- Представители местной администрации нередко вмешиваются в процесс вододеления<sup>23</sup> (в Киргизии вмешательство местной администрации резко сократилось). При этом «симпатии» местного начальства к тем или иным водопользователям могут быть вызваны родственными, дружескими отношениями или меркантильными соображениями, а в лучшем случае из соображения эффективности водопользования: лучше помочь тому водопользователю, который с наибольшей выгодой использует воду и даст хороший урожай.

<sup>23</sup> Опросы водников и водопользователей (2003 г) показывают, что такое вмешательство характерно для руководителей местных властных структур, расположенных в верхней части канала.

- Очень низкая заработная плата эксплуатационного штата вынуждает их в целях выживания больше уделять внимания побочной работе (огородам и т.д.), чем своим прямым обязанностям.
- В основе действий водников по управлению потоком воды лежат опыт и интуиция, а не расчеты и надежные модели. Наступает время специалистов, способных разрабатывать эффективные методы вододеления. Однако таких опытных гидротехников все меньше и меньше остается в водном и сельском хозяйстве. В перспективе проблема дефицита грамотных кадров-гидротехников в Ферганской долине станет еще острее, в особенности это касается Согдийской области, где нет специальных учебных заведений.
- Многочисленные сели создают большие проблемы водникам.
- Имеют место неоднократные в течение года остановки каналов по объективным (поиск утопленника) и не всегда объективным причинам.
- Низкий уровень дисциплины водопользования на всех уровнях вододеления. Нередким явлением является несанкционированный забор воды (проще говоря, воровство воды). Кражи воды по ЮФМК бывают часто. Они обнаруживаются. В первый раз предупреждают, во второй раз - на трое суток закрывают отвод, в третий раз – подают в прокуратуру. Делу, как правило, не дают ход и до суда дело не доходит.
- Отсутствие или недостаточность внутрисистемных водохранилищ (водоемов) для перераспределения воды во времени сильно снижают возможности рационального управления потоком.

#### **Список использованной литературы к приложению 4**

1. Домуллоджанов Х.Д. Рекомендации по расчету режима орошения при программировании урожая культур хлопкового севооборота в Таджикской ССР. - Душанбе, 1983.
2. Рекомендации по совершенствованию технологии орошения сельскохозяйственных культур в Таджикской ССР на основе организации сосредоточенных поливов и программирования урожая. - Москва, 1985.
3. Бараев Ф. А. и др. Совершенствование метода расчета внутриводного плана водопользования // Совершенствование эксплуатации гидромелиоративных систем районов орошения. - Ташкент, 1986.
4. Практические занятия по сельскохозяйственным гидротехническим занятиям / Под ред. проф. Рахимбаева Ф.М. – Ташкент: Мехнат, 1991.
5. Беспалов Н.Ф. и др. Гидромодульное районирование и режимы орошения сельскохозяйственных культур по Сырдарьинской области. - Ташкент, 1987.
6. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - М.: Колос, 1978.
7. Режимы орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР. – Ташкент: Узбекистан, 1971.
8. Чурляев А.Д. Ферганская область // Режимы орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР. – Ташкент: Узбекистан, 1971.

## Приложение 5 - ИУС «Фергана»

В рамках проекта «ИУВР-Фергана» разработана информационная система ИУС «Фергана», которая предназначена для оценки и обоснования различных методов распределения водных ресурсов на орошаемое земледелие с целью повышения эффективности использования воды. ИУС «Фергана» обеспечивает решение разных водохозяйственных задач на различных этапах управления распределением воды.

Основой ИУВР является многоуровневая иерархия в структуре управления и интегрированное взаимодействие всех элементов. Эта структура в ИУС «Фергана» в полной мере поддерживается комплексом математических моделей и информационными потоками базы данных.

При этой концепции обеспечивается оптимальное распределение водных ресурсов между участниками в годовом, месячном и декадном разрезе, где каждый уровень иерархии, имея собственные критерии эффективности, через информационные потоки (модели и база данных) придерживается общей стратегии управления, установленной для системы в целом.

Информационно-управляющая система ИУС «Фергана» позволяет:

1. Выполнять мониторинг водохозяйственной системы в части изменения:
  - Структуры сельскохозяйственных культур,
  - Гидромодульного районирования,
  - Структуры водохозяйственной сети (источников, каналов),
  - Параметров элементов водохозяйственной сети.
2. Вести учет фактического водозабора по отводам и каналам.
3. Регистрировать поступающие заявки на декадную водоподачу.
4. Выполнять моделирование различных вариантов распределения воды между участниками водохозяйственной системы при различных вариантах заявок и разных объемах подачи воды в систему.
  - При годовом планировании.
  - При оперативном планировании.
5. Находить оптимальные варианты водораспределения:
  - при различных источниках водоподачи (годовое планирование),
  - при дефиците водных ресурсов (годовое и оперативное планирование).
6. Выполнять анализ эффективности распределения воды:
  - производить расчеты показателей эффективности водораспределения,

- готовить отчетные и производственные документы.

Информационная система ИУС «Фергана» создана на базе СУБД ACCESS и GAMS и внедрена на пилотных магистральных каналах проекта «ИУВР-Фергана».

## Приложение 6 - Режимы орошения сельхозкультур

Норма водопотребления сельхозкультур зависит от очень большого количества факторов, основные из которых - почвенные, климатические и биологические.

Так как все факторы оценить и учесть очень сложно, то учеными предложена упрощенная единая схема расчета режимов орошения в зависимости от вида сельхозкультуры, гидромодульного района (ГМР) (табл. 1) и климатической зоны (КЗ) (табл. 2 и рис. 1).

Несмотря на это в каждой республике ЦАР в настоящее время используются свои подходы, имеющие определенные различия. Для расчета оросительной нормы предложено следующее уравнение

$$M = 10 * K_1 * K_2 * K_3 * (E - O),$$

где

M – оросительная норма.

E – испаряемость.

O – сумма осадков.

K<sub>1</sub> – коэффициент, зависящий от вида возделываемой сельхозкультуры (от 0,55 до 0,88).

K<sub>2</sub> - коэффициент, зависящий от продолжительности оросительного периода (от климатической зоны) (от 0,88 для С-I до 1,08 для Ю-II).

K<sub>3</sub> - коэффициент, зависящий от гидромодульного района (от 0,45 до 1,14).

Таблица 1

### Гидромодульные районы

Гидромодульный район	Почвы и подстилающие их грунты	Глубина залегания грунтовых вод, м
<i>Автоморфные, формирующиеся без влияния грунтовых вод</i>		
I	Маломощные суглинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощные песчаные	3
II	Среднемощные, суглинистые на песчано-галечниковых отложениях, мощные супесчаные	
III	Мощные суглинистые и глинистые	
<i>Переходного ряда, формирующиеся при слабом влиянии грунтовых вод</i>		
IV	Легкосуглинистые и супесчаные	2-3
V	суглинистые, глинистые	
<i>Гидроморфные, формирующиеся при умеренном влиянии грунтовых вод</i>		
VI	Легкосуглинистые и супесчаные	1-2

Гидромодульный район	Почвы и подстилающие их грунты	Глубина залегания грунтовых вод, м
VII	суглинистые, глинистые	
<i>Болотно-луговые, формирующиеся при избыточном влиянии грунтовых вод</i>		
VIII	Легкосуглинистые и супесчаные	0,5-1
IX	суглинистые, глинистые	

*Источник: Легостаев В.М., Меднис М.П. Режимы орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР. Ташкент, 1971.*

Таблица. 2

## Высотно-поясные зоны

Наименование зон	Обозначение зон	Тип почвы
Пустыни	А	Пустынные типы почвообразования
	А1	Переходные к сероземам
Эфемеровые степи	Б	Светлые сероземы
	В	Типичные сероземы
Разнотравные степи	Г	Темные сероземы

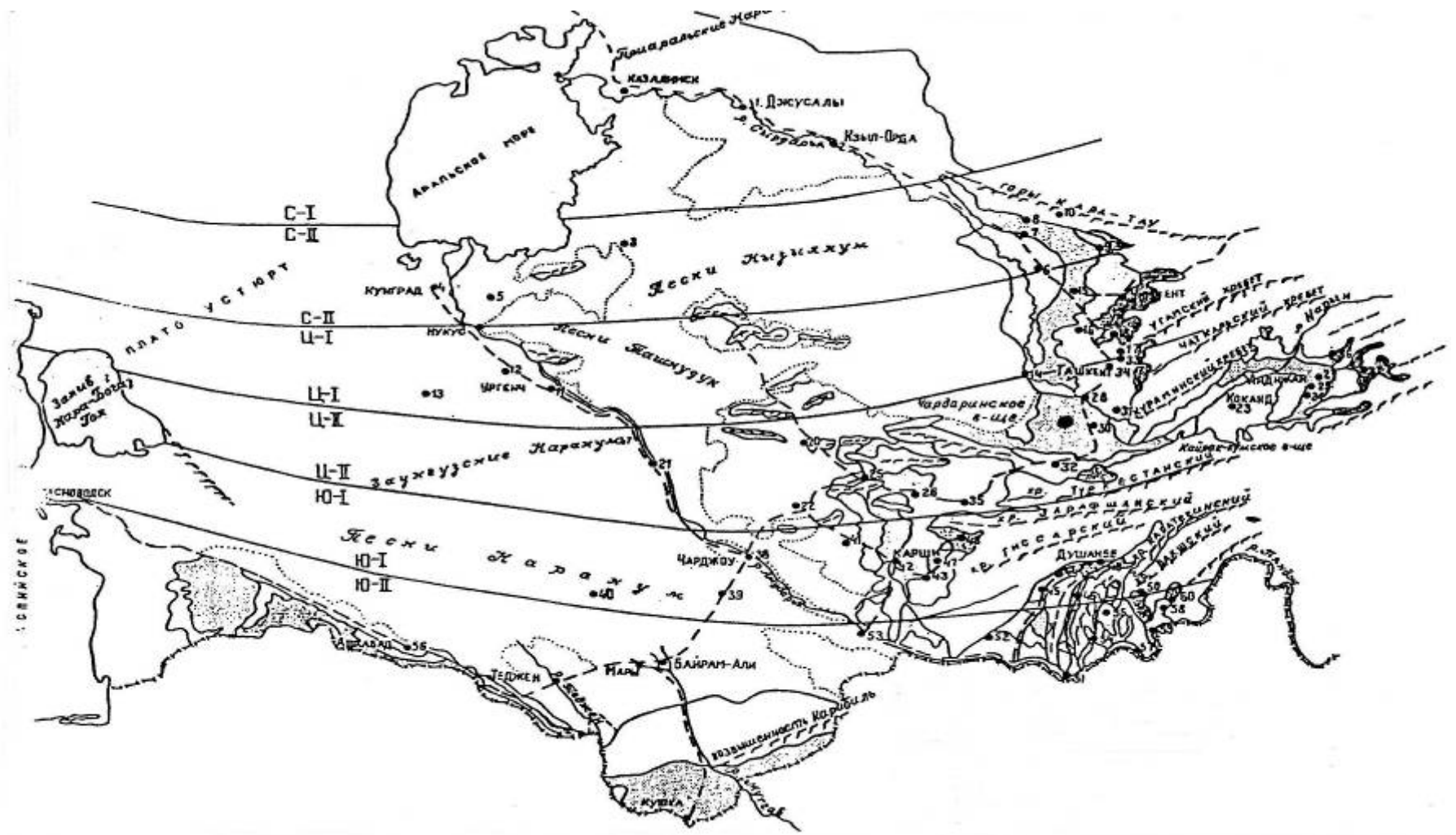


Рис. 1. Климатические зоны

Источник: Шредер В.Р. и др. Районирование режимов орошения. Гидротехника и мелиорация, 1966, № 8



## Приложение 7 - Расчет поливных и декадных гидромодулей

1. Поливной гидромодуль определяется в соответствии с установленным режимом орошения сельхозкультуры как отношение поливной нормы ко времени полива, т.е.

$$q_{in} = m_{in} / 86.4 * t_{in}, \quad (1)$$

где

$q_{in}$  - поливной гидромодуль  $j$ -ой сельхозкультуры в  $n$ -ый полив, л/с/га

$j$  - индекс сельскохозяйственной культуры.

$n$  - индекс номера полива сельхозкультуры.

$m_{in}$  - поливная норма  $j$ -ой сельхозкультуры в  $n$ -ый полив, м<sup>3</sup>/га.

$t_{in}$  - продолжительность  $n$ -го полива  $j$ -ой сельхозкультуры, сут.

86,4 - переводной коэффициент размерности.

### *Пример расчета поливного гидромодуля*

В соответствии с установленным режимом орошения хлопчатника (табл.) первый полив нормой 900м<sup>3</sup>/га начинается 26.05 и заканчивается 22.06. Число суток полива в мае составляет - 6, в июне - 20, а общая продолжительность полива - 28 суток. Поливной гидромодуль первого полива следующий (округляется до тысячной целой)

$$q_{in} = 900 / 86.4 * 28 = 0.372 \text{ л/с на га.}$$

2. Декадный гидромодуль полива определяется формуле:

$$q_{id} = (q_n * t_{idn} + q_{n+1} * t_{idn+1}) / T_{id}, \quad (2)$$

где

$q_n$  - поливной гидромодуль  $n$ -го полива сельхозкультуры.

$q_{n+1}$  - поливной гидромодуль последующего полива.

$t_{idn}$  - число суток  $n$ -го полива сельхозкультуры в  $d$ -ю декаду  $i$ -ого месяца.

$t_{idn+1}$  - число суток  $n+1$ -го полива в  $d$ -ю декаду  $i$ -ого месяца.

$T_{id}$  - число суток в  $d$ -ой декаде  $i$ -ого месяца.

Расчет гидромодуля хлопчатника для 3 декады мая.

$$q_{53} = (q_1 * t_{531} + q_2 * t_{532}) / T_{53} = (0,372 * 6 + 0,526 * 0) / 11 = 0,203 \text{ л/с.}$$

Расчет гидромодуля хлопчатника для 1 декады июня.

$$q_{61} = (q_1 * t_{611} + q_2 * t_{612}) / T_{61} = (0,372 * 10 + 0,526 * 0) / 10 = 0,372 \text{ л/с.}$$

*Пример расчета декадного гидромодуля*

Таблица 1

Данные по режиму орошения хлопчатника

Сельхоз- культура	Номер полива	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Сроки полива		Продолжительность полива, сут	Поливной гидромодуль, л/с на га.
			начало	конец		
Хлопчатник	1	950	26,05	22,06	28	0,372
	2	1000	23,06	14,07	22	0,526
	3	1100	15,07	2,08	19	0,670
	4	900	3,08	20,08	18	0,579

Расчет гидромодуля хлопчатника для 2 декады июня.

$$q_{62} = (q_1 * t_{621} + q_2 * t_{622}) / T_{62} = (0,372 * 10 + 0,526 * 0) / 10 = 0,372 \text{ л/с.}$$

Расчет гидромодуля хлопчатника для 3 декады июня.

$$q_{63} = (q_1 * t_{631} + q_2 * t_{632}) / T_{63} = (0,372 * 2 + 0,526 * 8) / 10 = 0,495 \text{ л/с.}$$

Гидромодули для остальных декад вычисляются аналогичным образом.

## Приложение 8 - Информация из теории и практики водооборота

### Теория водооборота

#### ***Г.К. Ризенкамф:***

«Теоретически можно ставить вопрос о поливном режиме, вполне соответствующем водопотребности растений с физиологической точки зрения, не обращая внимания на требования экономического и хозяйственного характера. Но практически невозможно будет сразу обеспечить одновременный и короткий полив всей площади, занятой одной и той же культурой; агрикультурные и организационно-хозяйственные требования не всегда можно согласовать с требованиями оптимального поливного режима. Те или иные ограничения могут быть обусловлены также и режимом реки, пропускной способностью сооружений, бытовыми навыками водопользователей и рядом других условий» [1].

#### ***В.М. Легостаев:***

«При плановом водопользовании воду нельзя перебрасывать с одного поля на другое, придерживаясь какого-то признака установления оптимального срока полива для той или иной сельскохозяйственной культуры.

В таком случае водопользование станет уподобляться пожарной команде: где «горит», там и поливай. Много воды израсходуется на холостые прогоны ее, мертвый запас в каналах и пр. Так же бессистемно будут производиться и послеполивные обработки с затратой большого количества времени и горючего на переезды с одного поля на другое.

При плановом водопользовании по заранее установленным схемам должны поливаться смежные поля. Некоторые из них, возможно, будут поливаться несколько раньше оптимального срока, другие - позже, а третьи - в оптимальные сроки» [2].

#### ***Н.Т. Лактаев:***

«Только в очень далекой перспективе возможно ждать решения пропагандируемой сейчас задачи – осуществление водораспределения и полива на основе точного и беспрерывного учета объективных физиологических показателей растений.

Трудности решения этой задачи не только в ее кибернетической сложности, в несовершенстве датчиков или электроники, но и в непригодности современных оросительных систем поверхностного орошения. Конечно, на площади 100 га можно построить экспериментальную систему с увеличенными форсированными расходами, с непродолжительным использованием водоводов во времени...

Но на миллионах гектаров пока трудно даже вообразить такую систему, напоминающую городской водопровод. Если такие системы теоретически возможны, то только на базе подпочвенного орошения, закрытых водоводов...» [3].

## Практика водооборота<sup>24</sup>

### **Узбекистан**

Шахриябзский район. Здесь водооборот называют «авандозом». В 2000 г. имели место и межрайонный и межхозяйственный водообороты. Когда наступает очередь, хозяйство выделяет свыше полусотни человек, которые днем и ночью дежурят на всем протяжении прогона воды от водозабора до хозяйства.

### **Таджикистан**

Канибадамский район. Межхозяйственный водооборот используется в основном в начале вегетации (март–III декада мая), когда, как правило, воды в БФК мало (30 % водообеспеченности), а в Исфара-сае она отсутствует. Расход в 0,5 м<sup>3</sup>/с (лимит КБК из БФК) делится поочередно между тремя хозяйствами.

Д. Расуловский район. Для экономии воды в последние два года по саю Ходжабакирган0 введен межрайонный, а по Дигмайскому машинному каналу (ДМК) - межхозяйственный водообороты. Крупные хозяйства района поделены на две группы, к каждой из которых вода подается по трое суток.

- АО «Паррандапарвар» и «Нодирбоева», СК «Дигмай».
- КХ «Саматов», АО «Б. Турдибоев» и «Ленинград».

АО «Рахимбоев». АО расположено в концевой части межхозяйственных каналов Р-1 и Р-2. Из Р-2 питается три хозяйства. Между АО «Рахимбоев» и КХ «Б. Гафуров» вводится водооборот на протяжении всей вегетации: 3,5 суток вода поступает в первое хозяйство, затем 3,0 суток – во второе. Инициатива введения водооборота исходила от АО «Рахимбоев», расположенного по каналу ниже, чем КХ «Б. Гафуров», и поэтому не была поддержана колхозом.

Вмешательство райводхоза было безуспешным, и только с помощью руководителя района водооборот был введен. График межхозяйственного водооборота утверждается руководством района и райводхозом. Каменистые почвы АО, дефицит воды и платность водопользования вынуждают АО ввести межбригадный водооборот, при этом, к примеру, одна бригада получает воду в течение 92 час, а соседняя – 86 час.

### **Кыргызстан**

Аксуйский район. В районе функционирует 12 сельских управ. По территории четырех из них проходит межхозяйственная сеть, между этими управами РУВХ ввело водооборот.

Араванский район. Между пятью АВП района РУВХ ввел водооборот: четверо суток воду получают АВП «Сахий Дарье» (67 %) и «Оби Хае» (33%), следующие четверо суток - другие три АВП.

<sup>24</sup> Выдержки из отчета по проекту «Управление водой и окружающей средой в бассейне Аральского моря». Подкомпонет А2 – «Участие в водосбережении» (2000 г).

**Список использованной литературы к приложению 8**

1. Ризенкампф Г.К. К новому проекту орошения Голодной Степи. Часть 1. - Л., 1930.
2. Легостаев В.М. К вопросу изучения и использования оросительной воды в республиках Средней Азии // Труды САНИИРИ. – Ташкент, 1974. – Вып. 143. – С. 135-148.
3. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. М.: Колос, 1978.

## Приложение 9 - ГОСТ 25855-83 Уровень и расход поверхностных вод

УДК 532.57:006.354

### ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ УРОВЕНЬ И РАСХОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

**Общие требования к измерению**  
Level and discharge of surface waters.  
General requirements for measurement

**ГОСТ 25855-83**  
**(СТ СЭВ 3546-82**  
**и СТ СЭВ 3547-82)**

1. Настоящий стандарт устанавливает общие требования к измерению уровня и расхода поверхностных вод на гидрологических постах. Термины, используемые в настоящем стандарте, и определения к ним - по ГОСТ 19179-73.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 3546-82 и СТ СЭВ 3547-82.

2. Гидрологический пост должен быть расположен в месте, где имеется возможность размещения водомерных реек и их нормального функционирования и эксплуатации.

3. Створы, где проводятся измерения расходов воды, располагаются в окрестностях гидрологического поста, ведущего измерения уровня воды.

4. Гидрологический пост должен обеспечить возможность непрерывного определения среднесуточных расходов в данном месте по связям уровень - расход воды, действующим предпочтительно на долгий период.

5. Гидрологический пост обозначается цифровым кодом, наименованием места нахождения (водоток, водоем, населенный пункт, расположение от устья водотока), при необходимости - географическими координатами, а также названием водотока высшего порядка или его водосбора.

Каждый гидрологический пост должен иметь технический паспорт, содержащий данные, перечисленные в обязательном приложении.

6. Гидрологический пост должен быть оборудован приборами, средствами и устройствами, соответствующими местным условиям, и обеспечивать получение данных следующей точности:

- Уровня воды - не менее 1 см.
- Расхода воды в обычных условиях - с погрешностью не более 5 %.

7. Измеренный на гидрологическом посту расход воды должен согласовываться с расходом, измеренным на соседних постах.

8. Измерение уровня и расхода воды производят в соответствии с действующими правилами.

9. При отсутствии самописцев уровня воды измерения производят визуально с помощью водомерной рейки через регулярные промежутки времени, но не менее одного раза в определенные часы суток. В экстремальных случаях (период прохождения паводков, ледохода и т. п.) частоту измерений увеличивают.

10. Контроль состояния водомерной рейки проводят не менее двух раз в год; проверку отметки нуля графика, контроль состояния измерительного оборудования, правильности производимых измерений - не менее одного раза в год.

11. При наличии самописцев на его ленту перед заправкой и при снятии необходимо записать срок (год, месяц, день, час, минута), а также уровень воды, отсчитанные по водомерным рейкам.

12. На постах, измеряющих расход воды, при необходимости определяют и уклон водной поверхности.

13. На тех постах, где не обеспечена связь уровень - расход воды, измерение расхода необходимо производить через такие регулярные промежутки времени, чтобы погрешность интерполяции измерения расходов воды была меньше 10 %.

14. Результаты измерений уровня и расхода воды должны быть занесены в журнал измерений.

15. Обеспечение заинтересованных организаций информацией об уровне и расходе воды проводят в установленном порядке.

16. Обработку данных измерений уровней и расходов воды производят в соответствии с действующими правилами проведения гидрологических работ на реках.

17. Контроль и обработка данных должны выполняться автоматическими устройствами (электронно-вычислительными машинами) и другими способами.

18. Среднесуточные, ежемесячные и годовые расходы воды, а также минимальные или максимальные их величины определяют по данным дискретных (единичных) измерений расхода воды.

19. При отдельных измерениях воды на основании каждого измерения необходимо определять мгновенный расход воды, по мере возможности - соответствующий ему уровень воды, площадь водного сечения, среднюю скорость, ширину акватории, среднюю глубину, наибольшую глубину, при необходимости - уклон водной поверхности и коэффициент шероховатости русла.

20. Для систематизации и обработки материалов наблюдений принимают следующие периоды: календарный год, месяц, день (дата) по поясному времени.

21. Ежемесячные и годовые характерные данные уровней и расходов воды (средние, минимальные и максимальные), а также частоту суточных данных определяют при необходимости.

22. Для статистической обработки данных длина ряда уровней и расходов воды должны быть не менее 10 лет.

## ***Приложение***

### ***Обязательное***

Технический паспорт гидрологического поста.

Технический паспорт должен содержать следующие данные:

- Название главного водосбора, название водотока, водоемов, наименование и, при необходимости, географические координаты поста.
- Высоту нуля графика гидрологического поста и систему высотных отметок.
- Схематический план местности створа, в котором измеряется расход воды.
- Результаты измерений, послуживших основой выбора створа.
- Тип створа (естественного или искусственного), оснащенного измерительными средствами и устройствами.
- Сведения об оснащении гидрологического поста (измерительный мостик, кабельный путь, плавсредства и т.п.), программу и сроки измерений.
- Площадь водосбора выше створа, км<sup>2</sup>.
- Характеристику естественного или искусственного воздействия (русловые деформации или характер ледохода и др.).
- Описание окрестного русла.
- Историю гидрологического поста (описание изменений его местоположения, перенос и замену оборудования).
- Наименование органа, в чьем ведении находится гидропост.



## Приложение 10 - Формулы для расчета показателей водораспределения

### 1. Коэффициент водообеспеченности

а) Отвода

- Декадный

$$V_{di} = \frac{Q_{di}^f}{Q_{di}^p} \quad \text{или} \quad V_{di} = \frac{W_{di}^f}{W_{di}^p}, \quad Q_{di}^p \neq 0, \quad W_{di}^p \neq 0. \quad (1)$$

- За расчетный период

$$V_i^{\int} = \frac{\sum_{d \in D} W_{di}^f}{\sum_{d \in D} W_{di}^p}. \quad (2)$$

$$W_{di} = Q_{di} \times T_d. \quad (3)$$

$$T_d = 0,0864 N_d, \quad (4)$$

где:

- $V_{di}$  - коэффициент водообеспеченности в d-ую декаду i-ого отвода.
- $Q_{di}$  - водоподача (расход) в d-ую декаду в i-ый отвод, м<sup>3</sup>/с.
- $V_i^{\int}$  - коэффициент водообеспеченности i-ого отвода за расчетный период.
- $W_{di}$  - водоподача (сток) в d-ую декаду в i-ый отвод, млн м<sup>3</sup>.
- $T_d$  - продолжительность водоподачи в d-ую декаду, с (секунды).
- $N_d$  - количество суток в d-ой декаде, сутки.
- $d$  - индекс декады.
- $D$  - множество, элементы которого номера декад, входящих в расчетный период. При расчетах «нарастающим итогом»  $d = \overline{1, t}$ .

- $t$  - номер расчетной декады<sup>25</sup>.  
 $\int$  - признак показателя водораспределения за расчетный период.  
 $p$  - признак плановых данных.  
 $f$  - признак фактических данных.  
 $i$  - индекс отвода, подающего воду из ПК в зону ПК<sup>26</sup>,  $i = \overline{1, m}$ .  
 $m$  - номер последнего отвода из ПК.

## б) ПК

- Декадный

$$V_{dc} = \frac{Q_{dc}^f}{Q_{dc}^p}. \quad (5)$$

- За расчетный период

$$V_c^{\int} = \frac{\sum_{d \in D} W_{dc}^f}{\sum_{d \in D} W_{dc}^p}. \quad (6)$$

$$W_{dc} = \sum_{i \in I} W_{di}. \quad (7)$$

- где:
- $c$  - признак ПК.
  - $I$  - множество, элементы которого номера отводов, подающих воду из ПК в зону ПК.

<sup>25</sup> Если рассматривается вегетационный период (апрель–сентябрь), то номер последней декады вегетационного периода равен 18.

<sup>26</sup> Вода из ПК может подаваться также транзитом за пределы зоны ПК: из ЮФМК транзитный расход идет на подпитку БФК и БАК, из ААБК - на подпитку Аравансая, из ХБК - на подпитку зон машинного орошения Б. Гофуровского и Дж. Расуловского ГУВХ.

## 2. Коэффициент суточной стабильности водоподачи<sup>27</sup>

а) В отвод

$$S_{di\varepsilon}^{\alpha} = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{\mu=1}^K (Q_{di\varepsilon} - Q_{di\varepsilon\mu})^2}}{Q_{di\varepsilon}}, \quad Q_{di\varepsilon} \neq 0. \quad (8)$$

$$Q_{di\varepsilon} = \frac{\sum_{\mu=1}^k Q_{di\varepsilon\mu}}{K}, \quad (9)$$

где:

$S_{di\varepsilon}^{\alpha}$  - коэффициент суточной стабильности водоподачи в отвод.

$Q_{di\varepsilon\mu}$  - водоподача в  $i$ -ый отвод в  $d$ -ую декаду в  $\varepsilon$ -ые сутки при  $\mu$ -ом наблюдении расхода воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$Q_{di\varepsilon}$  - среднесуточная водоподача в отвод,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$\alpha$  - признак коэффициента суточной стабильности водоподачи.

$\varepsilon$  - индекс суток;  $\varepsilon = \overline{1, n}$ ,  $n = 10$  или  $11$  суткам (в зависимости от номера декады).

$k$  - номер последнего наблюдения расхода воды в течение суток<sup>28</sup>.

$K$  - количество наблюдений расходов воды в течение суток.

$\mu$  - индекс наблюдений расходов воды.

б) Из ПК

$$S_{dce}^{\alpha} = \frac{\sum_{i \in I} S_{di\varepsilon}^{\alpha}}{M}, \quad (10)$$

где:  $M$  - количество отводов, подающих воду из ПК в зону ПК.

<sup>27</sup> Нижеприведенные формулы для расчета коэффициентов стабильности водоподачи (суточной и декадной) можно использовать для расчета коэффициентов стабильности расходов воды на контрольных гидрпостах ПК.

<sup>28</sup> На контрольных постах ЮФМК проводятся почасовые наблюдения, на отводах из ЮФМК – 4-х разовые наблюдения. На ААБК и ХБК проводятся только 3-х разовые наблюдения.

### 3. Коэффициент декадной стабильности водоподачи

а) В отвод

$$S_{di}^{\beta} = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{\varepsilon=1}^n (Q_{di} - Q_{di\varepsilon})^2}}{N+1} \cdot \frac{1}{Q_{di}}, \quad Q_{di} \neq 0 \quad (11)$$

где:

$S_{di}^{\beta}$  - коэффициент декадной стабильности водоподачи в отвод.

$Q_{di}$  - среднедекадная водоподача в отвод, м<sup>3</sup>/с.

$\beta$  - признак коэффициента декадной стабильности водоподачи.

$N$  - количество суток в расчетной декаде.

$n$  - номер последней сутки расчетной декады.

$$Q_{di} = \frac{\sum_{\varepsilon=1}^n Q_{di\varepsilon}}{N}. \quad (12)$$

б) Из ПК

$$S_{dc}^{\beta} = \frac{\sum_{i \in I} S_{di}^{\beta}}{M}. \quad (13)$$

Коэффициент декадной стабильности за расчетный период по отводу (или группе отводов) определяется как среднеарифметическое значение коэффициентов декадной стабильности по декадам расчетного периода.

#### 4. Коэффициент равномерности водоподачи

а) Для отвода

- Декадный

$$U_{di} = 1 - \frac{|V_{dc} - V_{di}|}{V_{dc}}. \quad (14)$$

$$V_{dc} = \frac{Q_{dc}^f}{Q_{dc}^p}, \quad Q_{dc}^p \neq 0, \quad (15)$$

где:

$U_{di}$  - коэффициент равномерности водоподачи из ПК в d – ой декаде i-ому отводу.

$V_{dc}$  - коэффициент водообеспеченности ПК в d – ую декаду.

$V_{di}$  - коэффициент водообеспеченности i-ого отвода в d – ую декаду.

$Q_{dc}$  - декадная водоподача из ПК, м<sup>3</sup>/с.

- За расчетный период

$$U_i^j = 1 - \frac{|V_c^j - V_i^j|}{V_c^j}; \quad V_c^j \neq 0. \quad (16)$$

$$V_c^j = \frac{\sum_{d \in D} W_{dc}^f}{\sum_{d \in D} W_{dc}^p}; \quad V_i^j = \frac{\sum_{d \in D} W_{di}^f}{\sum_{d \in D} W_{di}^p}, \quad (17)$$

где:

$U_i^j$  - коэффициент равномерности водоподачи из ПК i-ому отводу за расчетный период.

$j$  - признак показателя водораспределения за расчетный период.

б) Для ПК

- Декадный

$$U_{dc} = \frac{\sum_{i \in I} U_{di}}{M}, \quad (18)$$

где:

$U_{dc}$  - коэффициент равномерности водоподачи из ПК в d-ой декаде.

$U_{di}$  - коэффициент равномерности водоподачи из ПК в i-ый отвод в d-ой декаде.

$W_{di}$  - декадная водоподача (сток) в i-ый отвод в d-ой декаде, млн м<sup>3</sup>.

$M$  - количество отводов, подающих воду из ПК в зону ПК.

- За расчетный период

$$U_c^j = \frac{\sum_{i \in I} U_i^j}{M}. \quad (19)$$

### 5. Коэффициент равномерности «голова-конец»

- Декадный

$$U_d^\lambda = 1 - \frac{|V_d^\xi - V_d^\theta|}{V_d^\xi}, \quad V_d^\xi \neq 0. \quad (20)$$

$$V_d^\xi = \frac{\sum_{i \in I_1} V_{di}}{L}, \quad V_d^\theta = \frac{\sum_{i \in I_2} V_{di}}{L}, \quad (21)$$

где:

$\xi$  - признак 25% хозяйств-водопользователей конечного участка ПК.

$\theta$  - признак 25% хозяйств-водопользователей головного участка ПК.

$\lambda$  - признак коэффициента, учитывающего уровень равномерности водораспределения между конечной и головной участками ПК.

$I_1$  - множество, элементы которого номера 25% хозяйств-водопользователей конечного участка ПК.

$I_2$  - множество, элементы которого номера 25% хозяйств-водопользователей головного участка ПК.

$L$  - количество водопользователей, составляющих 25% от общего числа хозяйств-водопользователей из ПК.

- За расчетный период

$$U^{j\lambda} = 1 - \frac{|V^{j\xi} - V^{j\theta}|}{V^{j\xi}}; \quad V^{j\xi} \neq 0. \quad (22)$$

$$V^{j\xi} = \frac{\sum_{i \in I_1} V_i^j}{L} \quad V^{j\theta} = \frac{\sum_{i \in I_2} V_i^j}{L}. \quad (23)$$

## 6. Коэффициент полезного действия (КПД)

### а) КПД БУ

- Декадный

$$\eta_{dj}^e = \frac{\sum_{i \in I_j} W_{di} + \sum_{i \in H_j} W_{di}^h + \sum_{i \in G_j} W_{di}^g}{W_{dj}^\phi + \sum_{i \in R_j} W_{di}^r}, \quad (24)$$

где:

- $e$  - признак технического КПД.
- $r$  - признак бокового притока воды в ПК (подпитка ПК).
- $H$  - множество, элементы которого номера отводов, через которые осуществляется транзит воды из ПК.
- $h$  - признак транзитного расхода (стока) воды.
- $g$  - признак сброса воды из ПК.
- $G$  - множество, элементы которого номера отводов, через которые осуществляется сброс воды из ПК.
- множество, элементы которого номера источников воды (канал, сай, насос, насосная станция, коллектор и т.д.), через которые осуществляется боковой приток воды в ПК.
- $R$  - множество, элементы которого номера источников воды (канал, сай, насос, насосная станция, коллектор и т.д.), через которые осуществляется боковой приток воды в ПК.
- $j$  - индекс балансового участка.
- $\phi$  - признак головного водозабора (в ПК, в балансовый участок ПК).

- За расчетный период

$$\eta_{dj}^{je} = \frac{\sum_{d \in D} \sum_{i \in I_j} W_{di} + \sum_{d \in D} \sum_{i \in H_j} W_{di}^h + \sum_{d \in D} \sum_{i \in G_j} W_{di}^g}{\sum_{d \in D} W_{dj}^\phi + \sum_{d \in D} \sum_{i \in R_j} W_{di}^r}. \quad (25)$$

## b) Технический КПД ПК

- Декадный

$$\eta_{dc}^e = \frac{\sum_{i \in I_c} W_{di} + \sum_{i \in H_c} W_{di}^h + \sum_{i \in G_c} W_{di}^g}{W_{dc}^\phi + \sum_{i \in R_c} W_{di}^r}. \quad (26)$$

- За расчетный период

$$\eta_c^{je} = \frac{\sum_{d \in D} \sum_{i \in I_c} W_{di} + \sum_{d \in D} \sum_{i \in H_c} W_{di}^h + \sum_{d \in D} \sum_{i \in G_c} W_{di}^g}{\sum_{d \in D} W_{dc}^\phi + \sum_{d \in D} \sum_{i \in R_c} W_{di}^r}. \quad (27)$$

## c) Организационный КПД ПК

- Декадный

$$\eta_{dc}^o = 1 - \frac{\sum_{i \in G_c} W_{di}^g + \sum_{i \in I_g} (W_{di}^f - W_{di}^p)}{W_{dc}^\phi + \sum_{i \in R_c} W_{di}^r}. \quad (28)$$

- За расчетный период

$$\eta_{dc}^{jo} = 1 - \frac{\sum_{d \in D} \sum_{i \in G_c} W_{di}^g + \sum_{d \in D} \sum_{i \in I_g} (W_{di}^f - W_{di}^p)}{W_{dc}^\phi + \sum_{d \in D} \sum_{i \in R_c} W_{di}^r}, \quad (29)$$

где:

$o$  - признак организационного КПД.

$I_g$  - множество, элементы которого номера отводов, в которые произошла сверхплановая водоподача из ПК,  $I_g \subset I$ .

## d) Эксплуатационный КПД ПК

- Декадный



$$\eta_{dc}^{\varphi} = \eta_{dc}^e + \eta_{dc}^0 - 1, \quad (30)$$

где:  $\varphi$  - признак эксплуатационного КПД.

- За расчетный период

$$\eta_c^{j\varphi} = \eta_c^{je} + \eta_c^{j0} - 1. \quad (31)$$

е) КПД системы орошения (ПК)

$$\eta_s = \eta_c \times \eta_{\sigma} \times \eta_{\tau} \times \eta_{\psi}, \quad (32)$$

где:  $s$  - признак системы орошения.  
 $c$  - признак ПК (магистрального канала).  
 $\sigma$  - признак межхозяйственной сети.  
 $\tau$  - признак внутрхозяйственной сети.  
 $\psi$  - признак поля.

ф) КПД оросительной системы (ПК)

$$\eta_v = \eta_c \times \eta_{\sigma} \times \eta_{\tau}. \quad (33)$$

где  $v$  - признак оросительной системы ПК.

г) КПД межхозяйственной оросительной системы (ПК)

$$\eta_{\xi} = \eta_c \times \eta_{\sigma}, \quad (34)$$

где  $\xi$  - признак межхозяйственной оросительной системы.

### 7. Удельная водоподача

$$\overline{W}_z = \frac{W_z}{F_z}, \quad (35)$$

где:  $\overline{W}_z$  - удельная водоподача z-ой сельскохозяйственной культуре, тыс. м<sup>3</sup>/га.  
 $W_z$  - водоподача z-ой сельскохозяйственной культуре, млн м<sup>3</sup>.  
 $F_z$  - орошаемая площадь z-ой сельскохозяйственной культуры, тыс. га.

$z$  - индекс сельскохозяйственной культуры.

а) Из отвода (брутто)

- За декаду

$$\overline{W}_{di} = W_{di} / F_i . \quad (36)$$

- За расчетный период

$$\overline{W}_{di} = \sum_{d \in D} W_{di} / F_i . \quad (37)$$

б) Из ПК (нетто)

- За декаду

$$\overline{W}_{dc} = W_{dc} / F_c , \quad (38)$$

где:

$$W_{dc} = \sum_{i \in I} W_{di}; \quad F_c = \sum_{i \in I} F_i . \quad (39)$$

- За расчетный период

$$\overline{W}_{dc} = \sum_{d \in D} W_{dc} / F_c . \quad (40)$$

### 8. Удельный водозабор (в ПК)

$$\overline{W}_{cd}^{\omega} = \overline{W}_{cd} / \eta_{cd} , \quad (41)$$

где:  $\omega$  - признак водозабора.

Удельный водозабор в ПК равен удельной водоподаче из ПК (брутто).

### 3.9. Коэффициент эффективности ирригации

$$A_c = \frac{E_c}{\overline{W}_c^{\omega}} , \quad (42)$$

где:  $A_c$  - коэффициент эффективности ирригации в зоне ПК.

$E_c$  - суммарное испарение с зоны ПК, тыс. м<sup>3</sup>/га.

## 10. Коэффициент продуктивности воды

### а) Коэффициент физической продуктивности воды

- Хозяйство

$$P_{xz} = \frac{\Pi_{xz}}{W_{xz}}, \quad (43)$$

где:

- $P_{xz}$  - коэффициент физической продуктивности воды, поданной из ПК z-ой сельскохозяйственной культуры в x-ом хозяйстве, т/м<sup>3</sup>.
- $\Pi_{xz}$  - количество продукции z-ой сельскохозяйственной культуры в x-ом хозяйстве, полученной за счет воды, поданной из ПК, т.
- $W_{xz}$  - количество воды, поданной из ПК на получение z-ой сельскохозяйственной культуры в x-ом хозяйстве, м<sup>3</sup>.
- x - индекс хозяйства.

- ПК

$$P_{cz} = \frac{\Pi_{cz}}{W_{cz}}. \quad (44)$$

$$\Pi_{cz} = \sum_{x \in X} \Pi_{xz}; \quad W_{cz} = \sum_{x \in X} W_{xz}, \quad (45)$$

где:

- $P_{cz}$  - коэффициент физической продуктивности воды, поданной из ПК z-ой сельскохозяйственной культуре, т/м<sup>3</sup>.
- $\Pi_{cz}$  - количество продукции z-ой сельскохозяйственной культуры, полученной за счет воды, поданной из ПК, т.
- $W_{cz}$  - количество воды, поданной из ПК на получение z-ой сельскохозяйственной культуры, м<sup>3</sup>.
- X - множество, элементы которого номера хозяйств-водопользователей, получающих воду из ПК.

### б) Коэффициент экономической продуктивности воды

- Хозяйство

$$\tilde{P}_{xz} = \frac{B_{xz}}{W_{xz}}, \quad (46)$$

где:

- $\tilde{P}_{xz}$  - коэффициент экономической продуктивности воды, поданной из ПК z-ой сельскохозяйственной культуре в x-ом хозяйстве, \$/м<sup>3</sup>.
- $B_{xz}$  - стоимость продукции z-ой сельскохозяйственной культуры в x-ом хозяйстве, полученной за счет воды, поданной из ПК, \$.

$W_{xz}$  - количество воды, поданной из ПК на получение  $z$ -ой сельскохозяйственной культуры в  $x$ -ом хозяйстве,  $m^3$ .

$$B_z = C_z Y_z F_z, \quad (47)$$

где:  $C_z$  - цена единицы продукции  $z$ -ой сельскохозяйственной культуры, \$/т.

$Y_z$  - урожайность  $z$ -ой сельскохозяйственной культуры, т/га.

$F_z$  - орошаемая площадь  $z$ -ой сельскохозяйственной культуры, га.

• ПК

$$\tilde{P}_c = \frac{B_c}{W_c}. \quad (48)$$

$$B_c = \sum_{x \in X} \sum_{z \in Z} B_{xz}; \quad W_c = \sum_{x \in X} \sum_{z \in Z} W_{xz}, \quad (49)$$

где:  $Z$  - множество, элементы которого номера сельскохозяйственных культур, выращиваемых в зоне ПК.

### 11. Коэффициент собираемости платы за ирригационные услуги

$$\Omega_c = \frac{O_c^f}{O_c^p}, \quad (50)$$

где:  $\Omega_c$  - коэффициент собираемости платы за ирригационные услуги (ПИУ) за расчетный период (месяц, год, сезон, весь период с начала ввода платного водопользования). В последнем случае определяется ПИУ «нарастающим итогом».

$O_c^f$  - фактическая сумма собранных платежей за ирригационные услуги за расчетный период.

$O_c^p$  - плановая сумма платежей за водные услуги (задолженность по оплате) за расчетный период.

### 12. Удельные затраты на эксплуатацию и поддержание

$$\tilde{\Psi}_c = \frac{\Psi_c}{W_c}, \quad (51)$$

где:

$\tilde{\psi}_c$  - удельные затраты на эксплуатацию и поддержание,  $\$/\text{м}^3$

$\psi_c$  - затраты на эксплуатацию и поддержание, \$.

$W_c$  - водоподача,  $\text{м}^3$ .

### Список условных обозначений

—	A	коэффициент эффективности ирригации
—	B	стоимость сельскохозяйственной продукции
—	C	цена единицы сельскохозяйственной продукции
—	c	признак ПК
—	D	множество, элементы которого номера декад, входящих в расчетный период
—	d	индекс декады
—	E	суммарное испарение с зоны ПК
—	e	признак технического КПД
—	F	орошаемая площадь
—	f	признак фактической информации
—	G	множество, элементы которого номера отводов через которые осуществляется сброс воды из ПК
—	g	признак сброса воды из ПК
—	H	множество, элементы которого номера отводов через которые осуществляется транзит воды из ПК
—	h	признак транзитного расхода (стока) воды
—	I	множество, элементы которого номера отводов, подающих воду из ПК в зону ПК
—	i	индекс отвода, подающего воду из ПК в зону ПК, $i = \overline{1, m}$
—	J	множество, элементы которого номера балансовых участков
—	j	индекс балансового участка
—	K	количество наблюдений расходов воды в течение суток
—	k	номер последнего наблюдения расхода воды в течение суток
—	L	количество хозяйств-водопользователей, составляющих 25% от общего числа отводов из ПК
—	M	количество отводов, подающих воду из ПК в зону ПК
—	m	номер последнего отвода из ПК
—	N	количество суток в расчетной декаде
—	n	номер последней сутки расчетной декады
—	O	сумма платежей за водные услуги

o	признак организационного КПД
P	коэффициент экономической продуктивности воды
p	признак плановой информации
Q	расход воды
q	признак притока воды в ПК (подпитка ПК)
R	множество, элементы которого номера источников воды (канал, сай, насос, насосная станция, коллектор и т.д.), через которые осуществляется боковой приток воды в ПК
r	признак бокового притока воды в ПК (подпитка ПК)
S	коэффициент стабильности
s	признак системы орошения
T	продолжительность водоподачи в d-ую декаду
t	номер расчетной декады
U	коэффициент равномерности
V	коэффициент водообеспеченности
v	признак оросительной системы ПК
W	сток воды
X	множество, элементы которого номера хозяйств-водопользователей
x	индекс хозяйства-водопользователя
Y	урожайность сельскохозяйственной культуры
Z	множество, элементы которого номера сельскохозяйственных культур
z	индекс сельскохозяйственной культуры
$\Omega$	коэффициент собираемости платы за водные услуги
$\omega$	признак водозабора
$\alpha$	признак коэффициента суточной стабильности
$\beta$	признак коэффициента декадной стабильности
$\varepsilon$	индекс суток; $\varepsilon = \overline{1, n}$ , n = 10 или 11 суткам (в зависимости от номера декады)
$\varphi$	признак эксплуатационного КПД
$\eta$	КПД
$\lambda$	признак коэффициента равномерности водоподачи «голова-конец», учитывающего уровень равномерности водораспределения между концевым и головным участками ПК
$\mu$	индекс наблюдений расходов воды в течение суток
$\int$	признак показателя водораспределения за расчетный период
$\xi$	признак средневзвешенной водообеспеченности 25% хозяйств-

- водопользователей конечного участка ПК
- $\theta$  признак средневзвешенной водообеспеченности 25% хозяйств-  
водопользователей головного участка ПК
- $\sigma$  признак межхозяйственной сети
- $\tau$  признак внутрхозяйственной сети
- $\psi$  признак поля
- $\phi$  признак головного водозабора (в ПК, в балансовый участок ПК)
- $\xi$  признак межхозяйственной оросительной системы ПК

## Приложение 11 - Примеры мониторинга и оценки водораспределения

Ниже в форме комментариев к диаграммам показателей водораспределения приведены примеры анализа и оценки водораспределения на пилотных каналах.

При этом использованы фрагменты из работ, выполненных в ходе реализации проекта «ИУВР-Фергана» (компонент «Пилотные каналы»).

### Комментарий к рис. 1

Из диаграмм видно, что независимо от водности года дефицит воды, обычно, наблюдается в начале вегетационного периода: апрель, май и начало июня, а избыток воды имеет место в третьей декаде сентября<sup>29</sup>. Наиболее водообеспеченным является период со второй декады июня до августа. В этот период в немаловодные годы (2002, 2003 гг.) наблюдается избыток дешевой воды, который стараются использовать для подпитки земель, подвешенных к зоне машинного орошения. С августа начинается уменьшение расхода воды в канале, то есть вновь постепенно наблюдается увеличение дефицита воды. Объясняется это тем, что источник орошения (Ходжабакирган-сай) является источником ледникового питания.

### Комментарий к рис. 2.

«Анализ данных об отклонениях водообеспеченности хозяйств от установленных «процентов вододеления» показывает, что отклонения от установленных «процентов вододеления» происходит постоянно. Причем, очень большие отклонения (свыше 100%) регулярно происходят у одних и тех же коллективных хозяйств: перебирают воду хозяйства «Бобоколонов», «Набиев», недобирают – «Ленинград». В целом по каналу и отклонение в 2003 г. равно нулю, а по районам – очень незначительные». (Это выдержка из отчета 2003 г.)

Сейчас установлено, что эти отклонения были вызваны тем, что через отводы хозяйств «Бобоколонов», и «Набиев» вода транзитом подавалась в зону машинного орошения и к зоне ХБК не имеет отношение.

### Комментарий к рис. 3

КПД ХБК в целом за вегетацию равен 0.8, а по декадам вегетации варьирует от 0.44 до 0.87. Очень низкое значение КПД в третьей декаде апреля (0.44) объясняется тем, что в этой декаде наблюдался сброс, который не был зафиксирован в отчетах.

### Комментарий к рис. 4.

Анализ удельных водоподач из ААБК показывает, что в целом по ААБК фактические удельные водоподачи существенно ниже плановых. Если учесть потери в межхозяйственной и внутрихозяйственной сети и выйти на уровень поля, то удельные водоподачи ниже, чем суммарная эвапотранспирация (7,58 тыс. м<sup>3</sup>/га).

---

<sup>29</sup> В эту декаду наблюдаются большие переборы воды относительно плана.



В условиях отсутствия дефицита воды такие низкие удельные водоподачи можно объяснить или недостоверностью данных, или, если данные достоверны, то платное водопользование стимулирует водопользователей к выбору экономически оправданных норм водоподачи, при которых достигается максимальный доход, а не максимальная урожайность.

#### **Комментарий к рис. 5.**

На диаграммах рассмотрена обеспеченность лимитных водоподач относительно плановых. Если бы лимиты устанавливались на основании принципа пропорциональности (то есть, в соответствии с установленной методикой лимитирования), то все значения водообеспеченности в разрезе декад, балансовых участков и канала в целом должны быть равны.

Однако диаграммы отражают совершенно другую картину, из чего ясно, что лимиты установлены не на основе принципа пропорциональности. Объясняется это как наличием элементов волюнтаризма, так и недостатками самого принципа корректировки.

При традиционном подходе мы равномерно ущемляем в воде только ту часть общего водопотребления сельхозкультуры, которая, согласно ПВ, поступает поверхностным путем. Если бы водопользователи находились в одинаковых гидрогеологических условиях, то принятый подход обеспечивал бы принцип равной водообеспеченности. Однако гидрогеологические условия ВП существенно различаются, и применение традиционного подхода приводит к дискриминации в воде ВП, располагающихся, например, на автоморфных почвах.

#### **Комментарий к рис. 6**

Отклонения фактической водоподачи от плановой еще значительней: от 0,42 до 6,57. Причем, для вегетации 2003 г. характерным является то, что наименьшая водообеспеченность по балансовым участкам и ЮФМК в целом наблюдается в период с III декады июня по III декаду июля, достигая минимума во II декаде июля.

Этот факт вызывает удивление, так как ЮФМК обеспечивается водой из двух водохранилищ. Объяснить это можно разными причинами: план (спрос на воду) составляется неправильно, фактические данные недостоверны, эксплуатация водохранилищ проводится неправильно.

#### **Комментарий к рис. 7, 8.**

На рис. 7 показаны результаты расчета удельных водоподач по балансовым участкам ЮФМК и ЮФМК в целом. По ЮФМК и почти по всем балансовым участкам наблюдается превышение (относительно небольшое) фактических удельных водоподач над плановыми.

Что касается удельных водоподач по отводам 1 балансового участка (рис. 8), то здесь превышение фактических удельных водоподач над плановыми довольно большое. Наибольшие фактические удельные водоподачи (до 18 тыс. м<sup>3</sup>/га) характерны для земель *машинного* орошения.

### Комментарий к рис. 9-11

Анализ результатов расчета КПД по балансовым участкам ЮФМК и декадам вегетации 2003 г. показывает, что КПД ЮФМК достаточно высокое, причем временами (в основном в апреле) на отдельных балансовых участках и по каналу в целом КПД бывает больше 1. Это можно объяснить наличием неучтенных притоков воды в канал.

Но чрезвычайно большие КПД в отдельные декады по балансовым участкам V–VIII и чрезвычайно низкие (II декада апреля БУ 8) скорее можно объяснить не притоками, а недостоверностью информации в эти декады.

Приток воды в той или иной степени, как правило, имеет место на всех пилотных каналах, так как в ряде участков каналы работают как коллектор<sup>30</sup>. В наибольшей степени такой приток характерен для ЮФМК, так как многочисленные насосы качают воду из ЮФМК на адырные земли, расположенные, в основном, на левом берегу канала, а также из-за выклиниваний от Маргиланская.

В силу чрезвычайной водопроницаемости почвогрунтов на адырных землях, поливная вода в виде поверхностного или подземного стока опять попадает в канал. Эту подпитку практически сложно учесть, в силу чего в расчетах она равна нулю и соответственно значение КПД получается завышенным, причем имеют место случаи, когда декадный КПД больше 1.

Сбросов воды из пилотных каналов, судя по эксплуатационным данным, нет, то есть организационный КПД равен 1. Сбросы воды в условиях чрезвычайных ситуаций (сели) являются вынужденной мерой и их нельзя рассматривать как организационные потери.

В то же время совершенно очевидно, что в том, что имеют место значительные организационные потери в межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, есть вина и службы эксплуатации канала.

---

<sup>30</sup> Возвратные подземные воды подпирают и разрушают бетонную облицовку каналов.

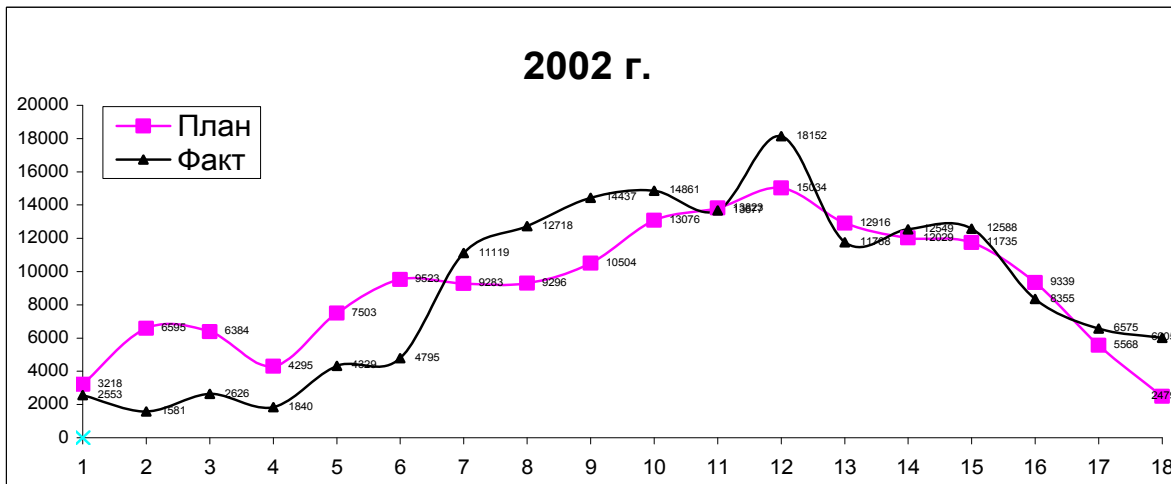
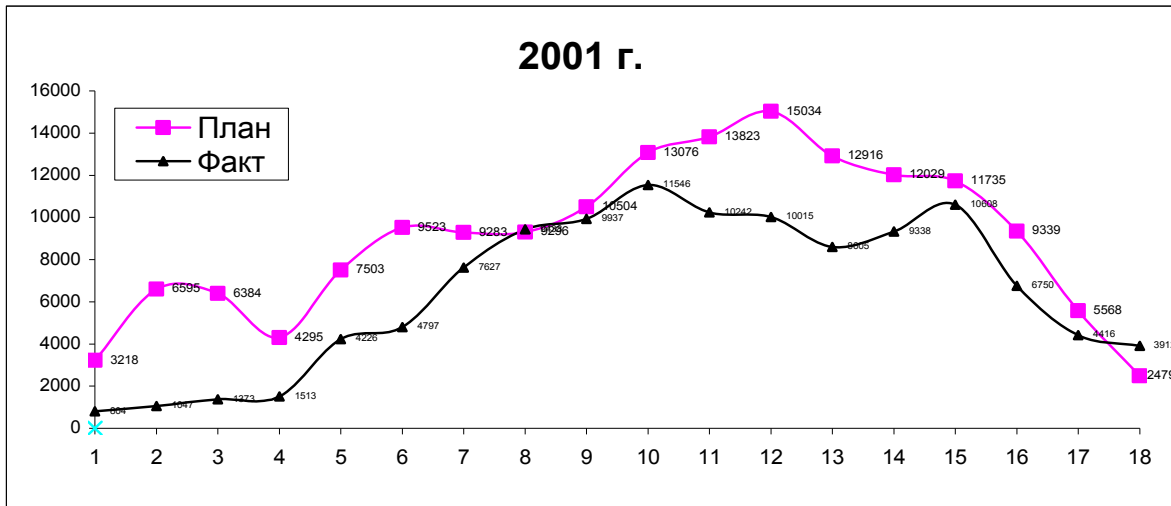
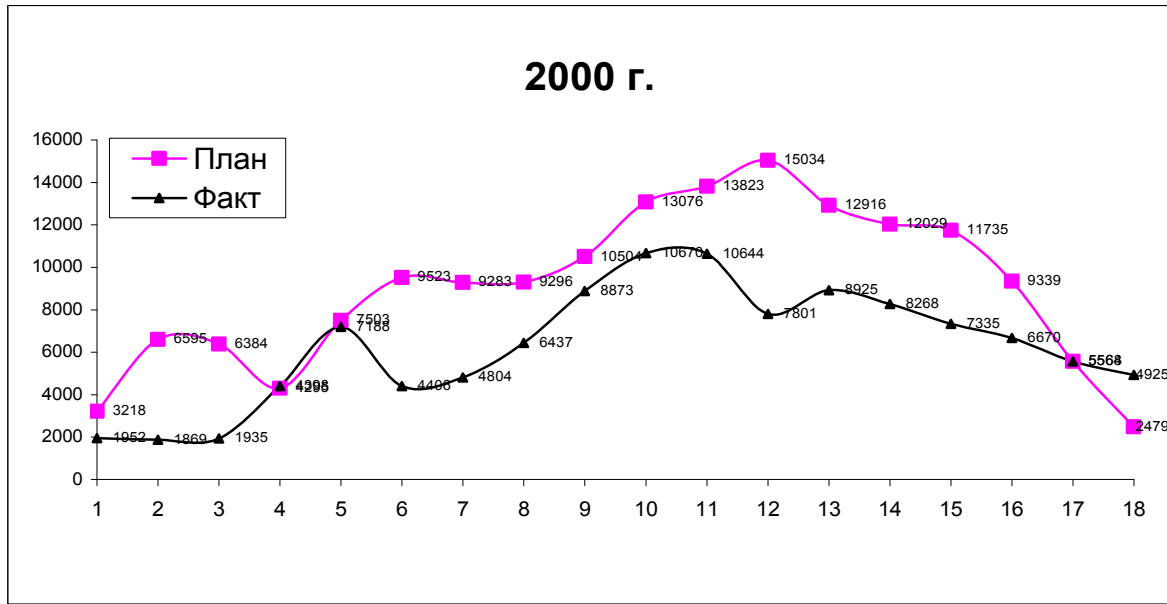
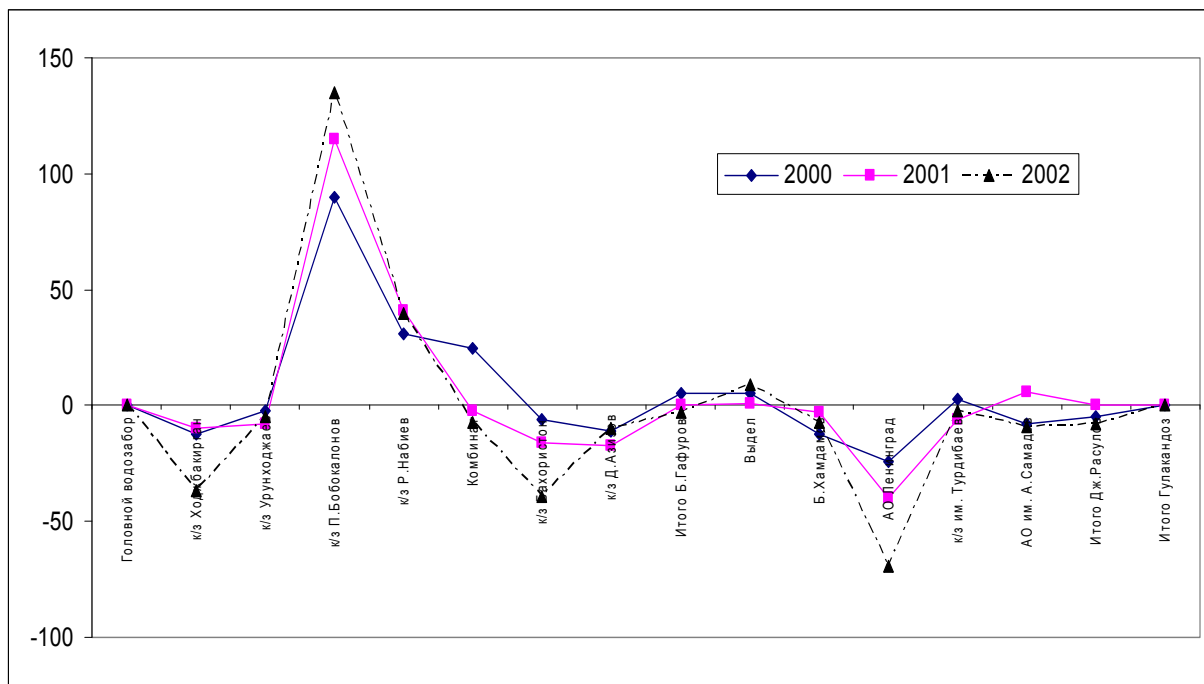
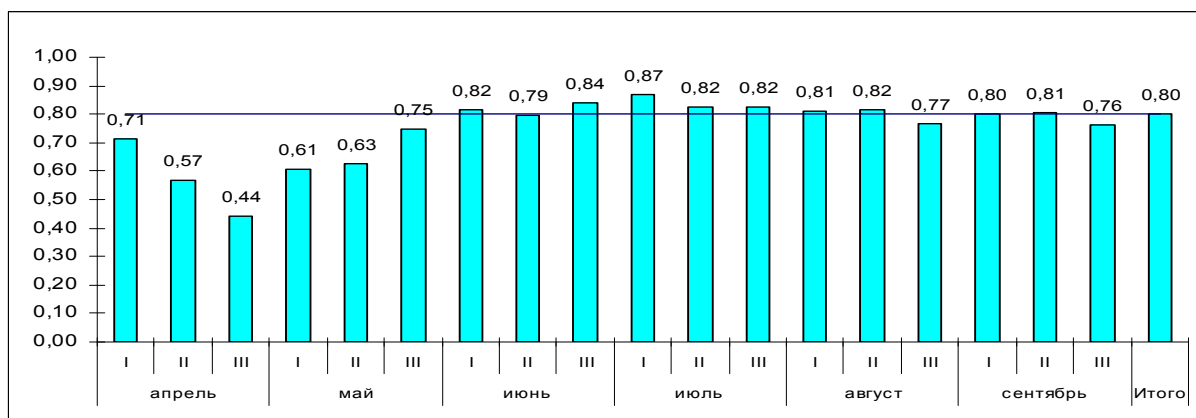


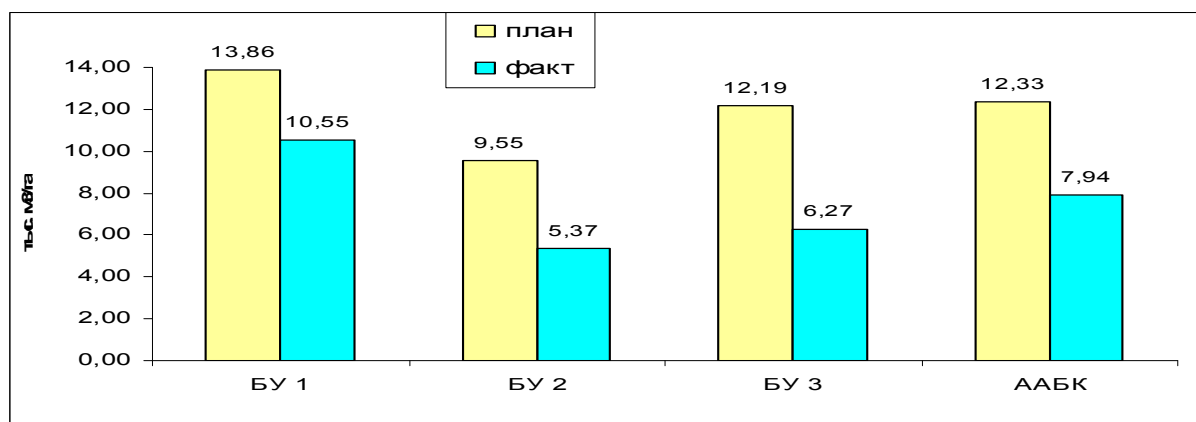
Рис 1. Плановые и фактические водозаборы за 2000-2002 гг. по ХБК



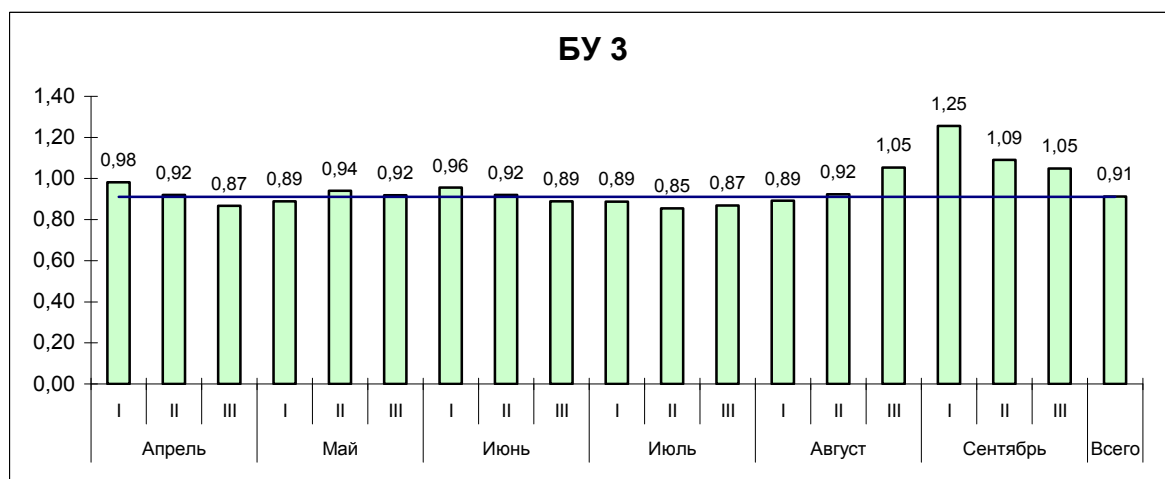
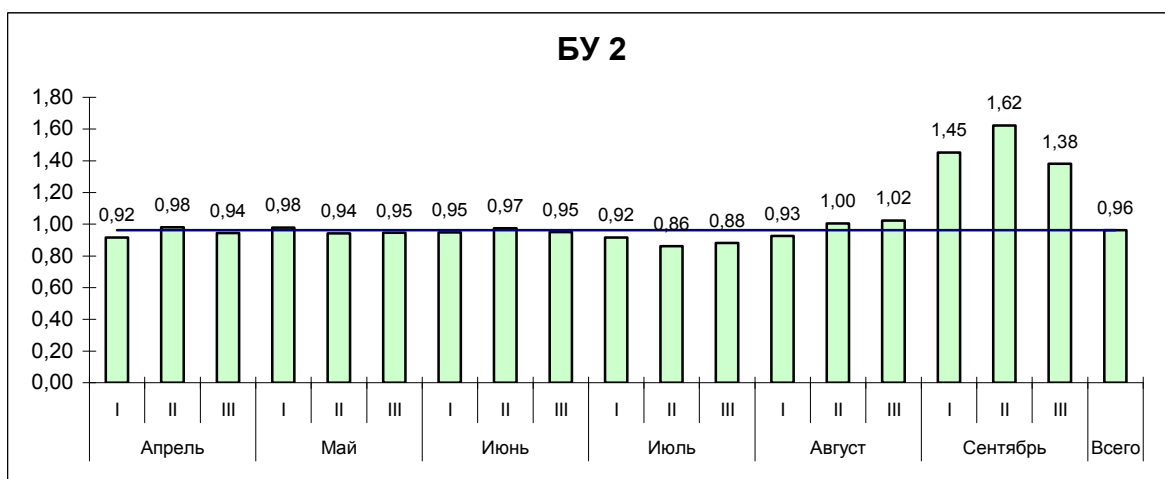
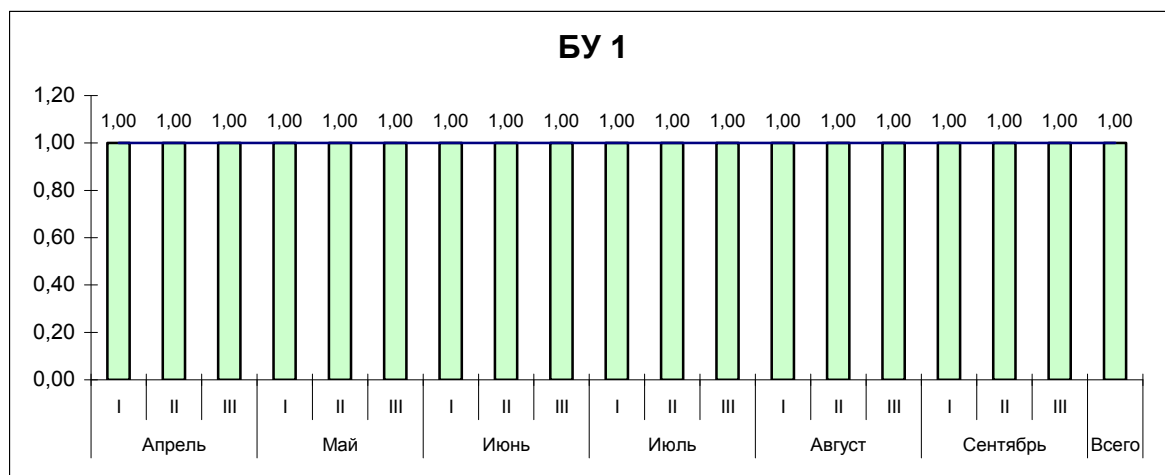
**Рис 2. Отклонения водообеспеченности по хозяйствам ХБК от установленного процента вододелиения за вегетационный период (%)**



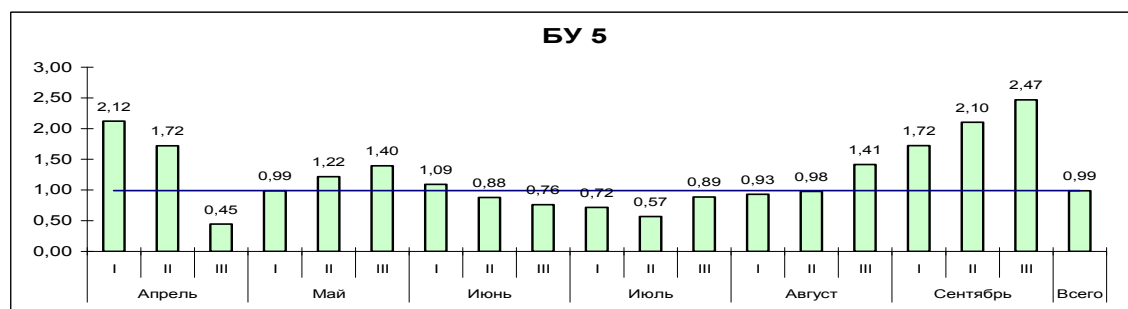
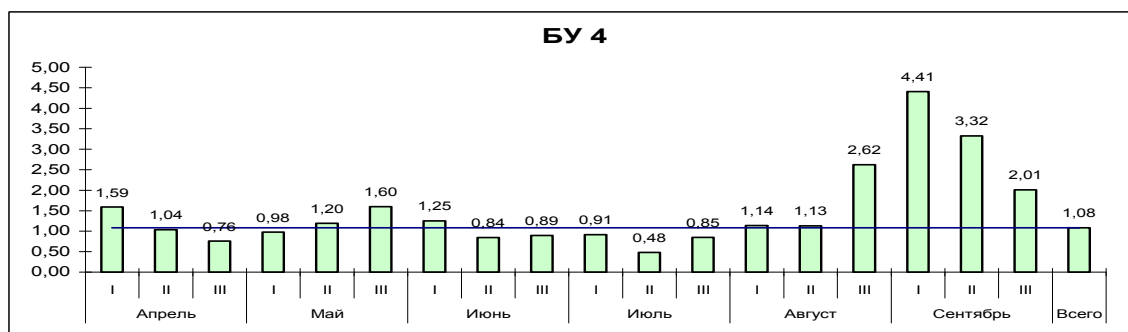
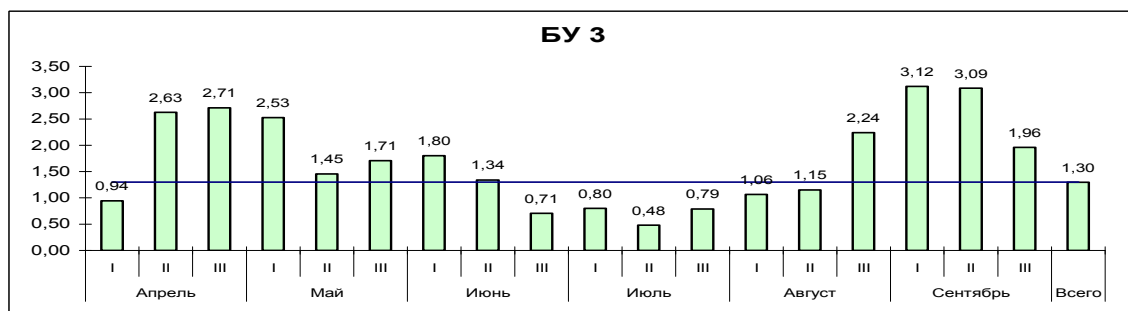
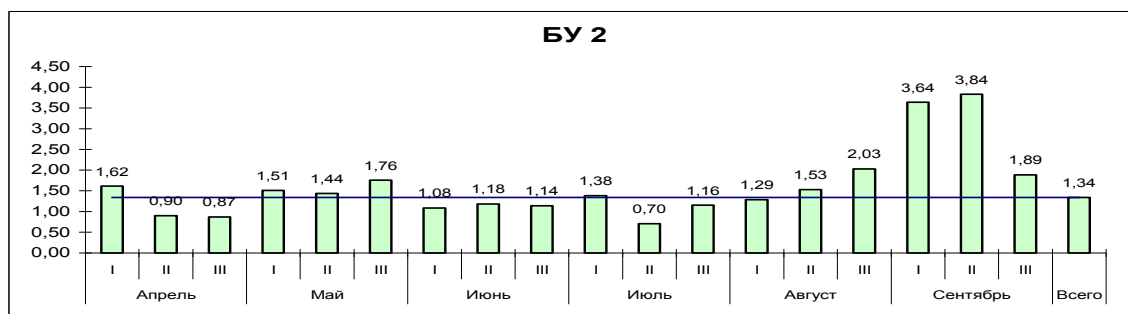
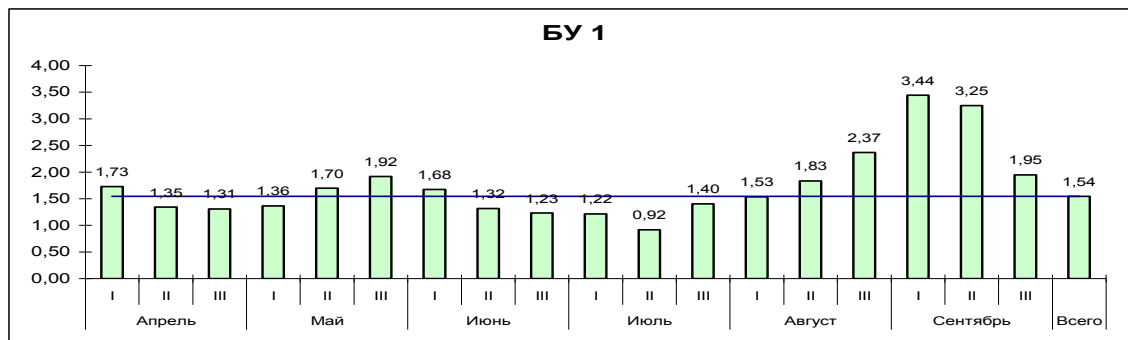
**Рис 3. КПД ХБК (вегетация 2003 г.)**



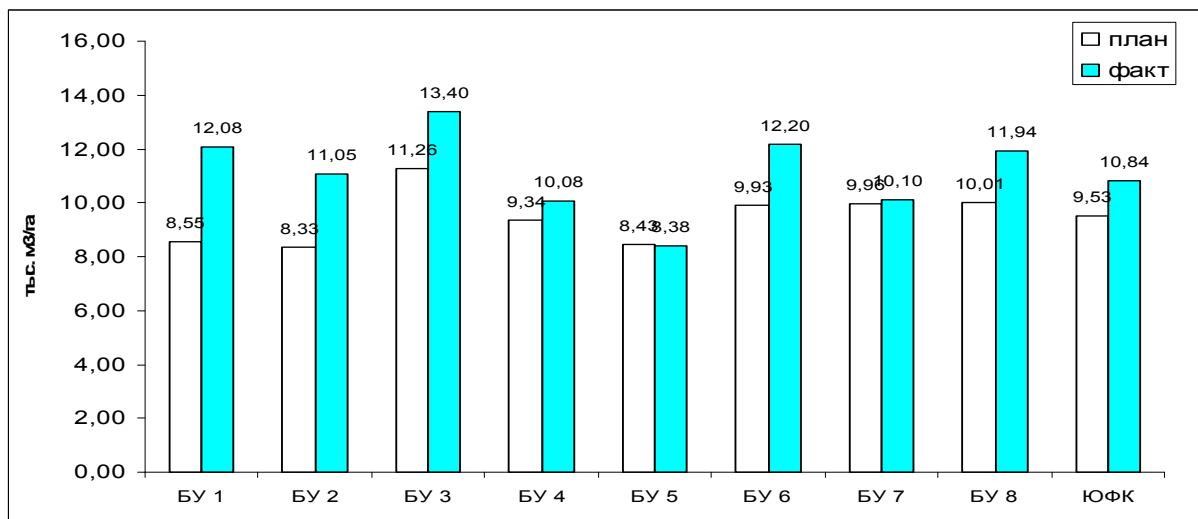
**Рис 4. Плановые и фактические удельные водоподдачи из ААБК в разрезе балансовых участков (вегетация 2003 г.)**



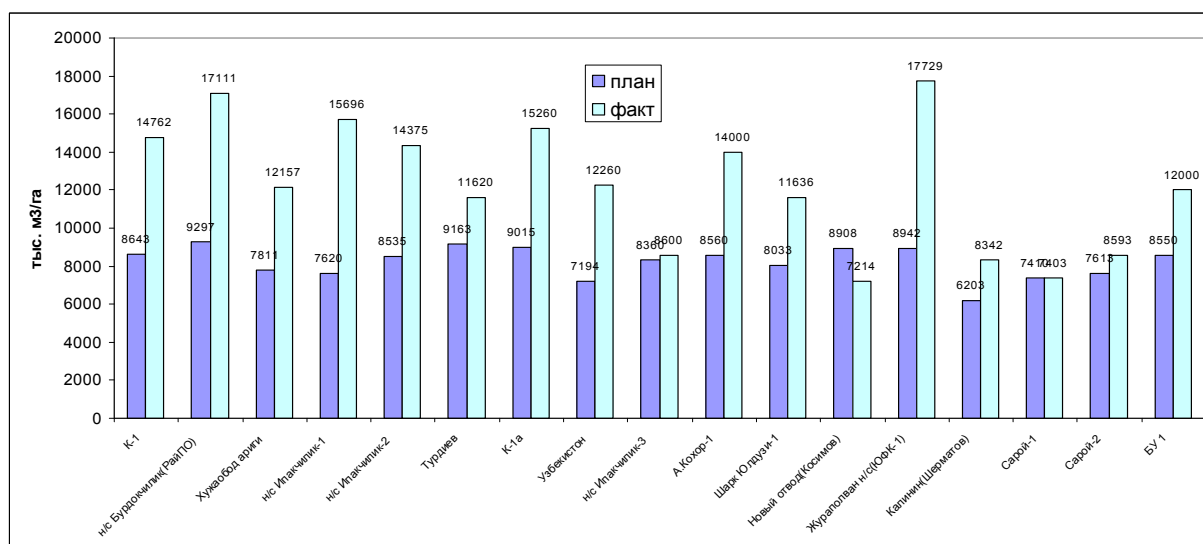
**Рис. 5. Отношение лимитных водоподач к плановым по 3 балансовым участкам ЮФМК**



**Рис. 6. Водообеспеченность по пяти балансовым участкам ЮФМК (факт/план)**



**Рис 7. Плановые и фактические удельные водоподачи по балансовым участкам ЮФМК (вегетация 2003 г.)**



**Рис 8. Плановые и фактические удельные водоподачи по отводам 1-го балансового участка ЮФМК**

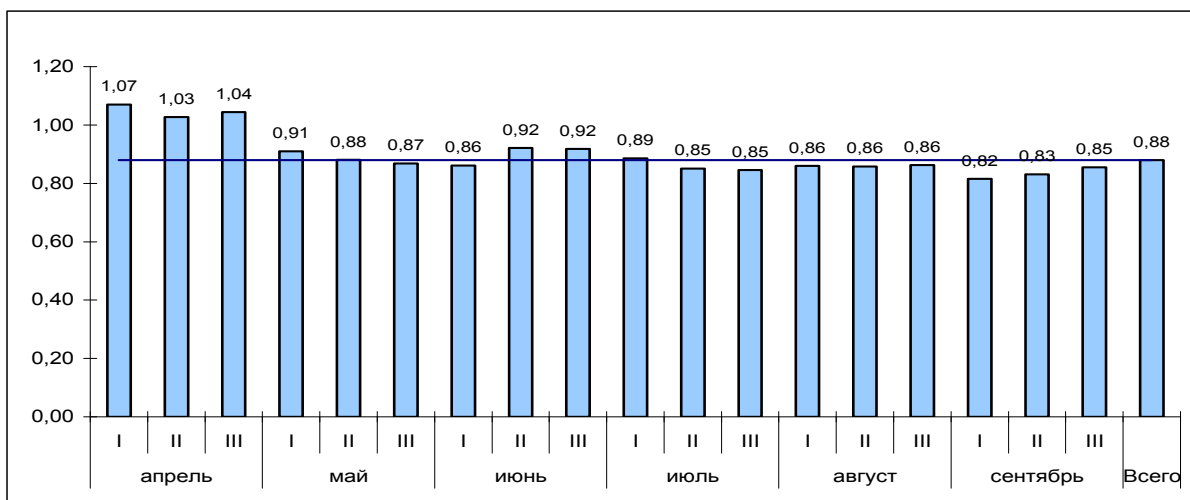


Рис. 9. КПД ЮФМК по декадам (2003 г.)

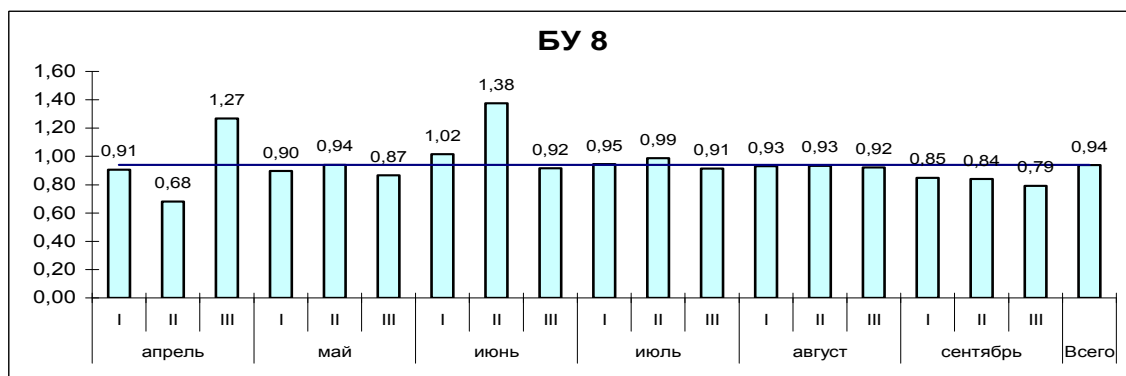
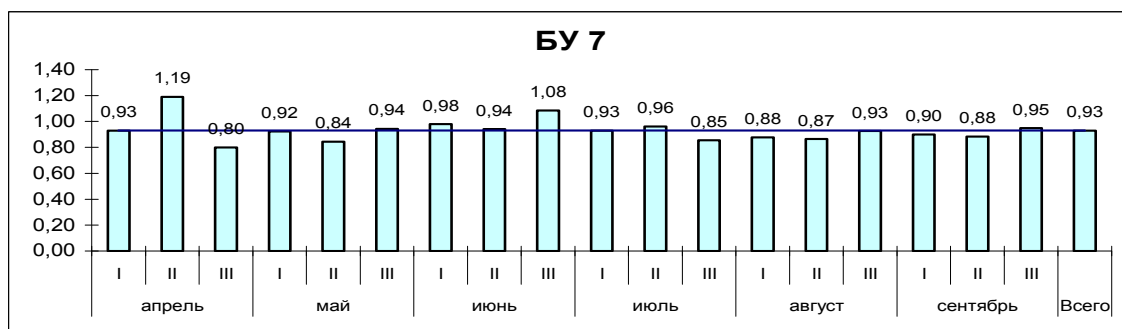
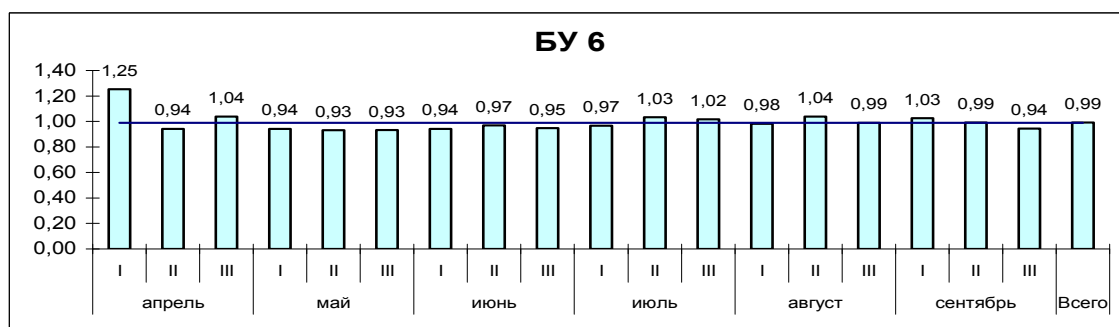
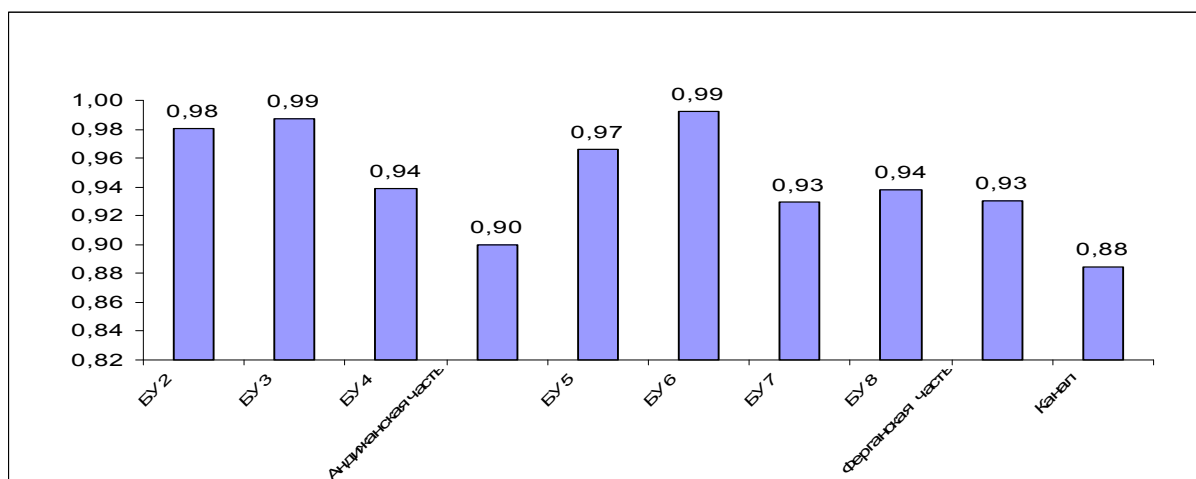


Рис. 10. КПД по балансовым участкам ЮФМК в разрезе декад (вегетация 2003 г.)





**Рис. 11. КУД по балансовым участкам ЮФМК (вегетация 2003 г.)**

## Приложение 12 - Диаграммы показателей водораспределения

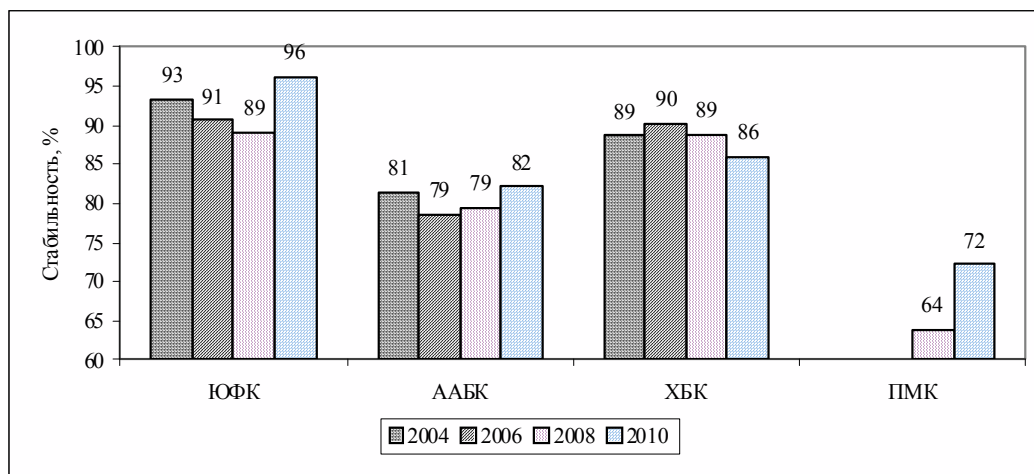


Рис. 1. Стабильность головного водозабора в ПК

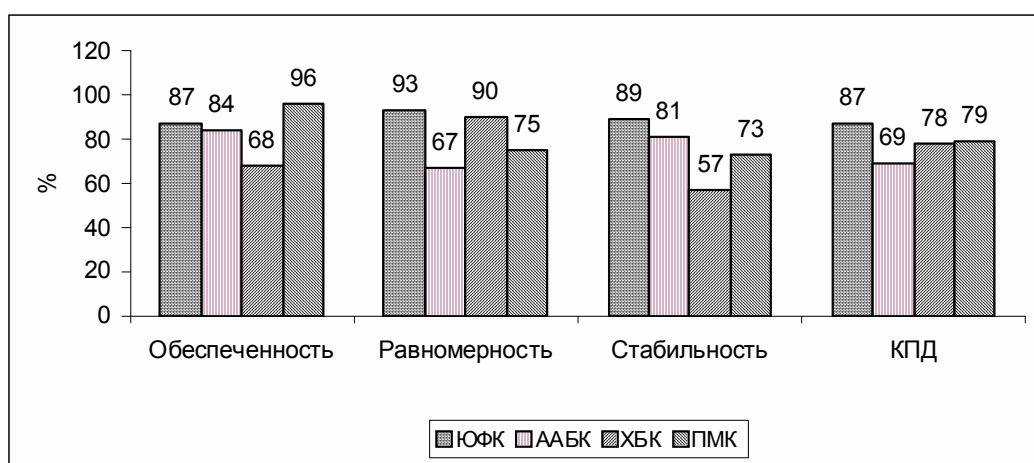


Рис. 2. Показатели водораспределения по ПК в 2010 г.

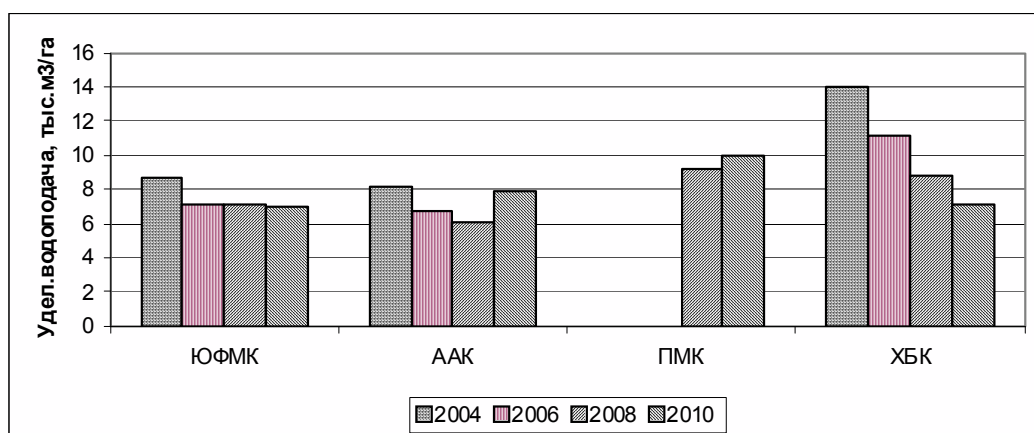


Рис. 3. Фактические удельные водоподачи из ПК

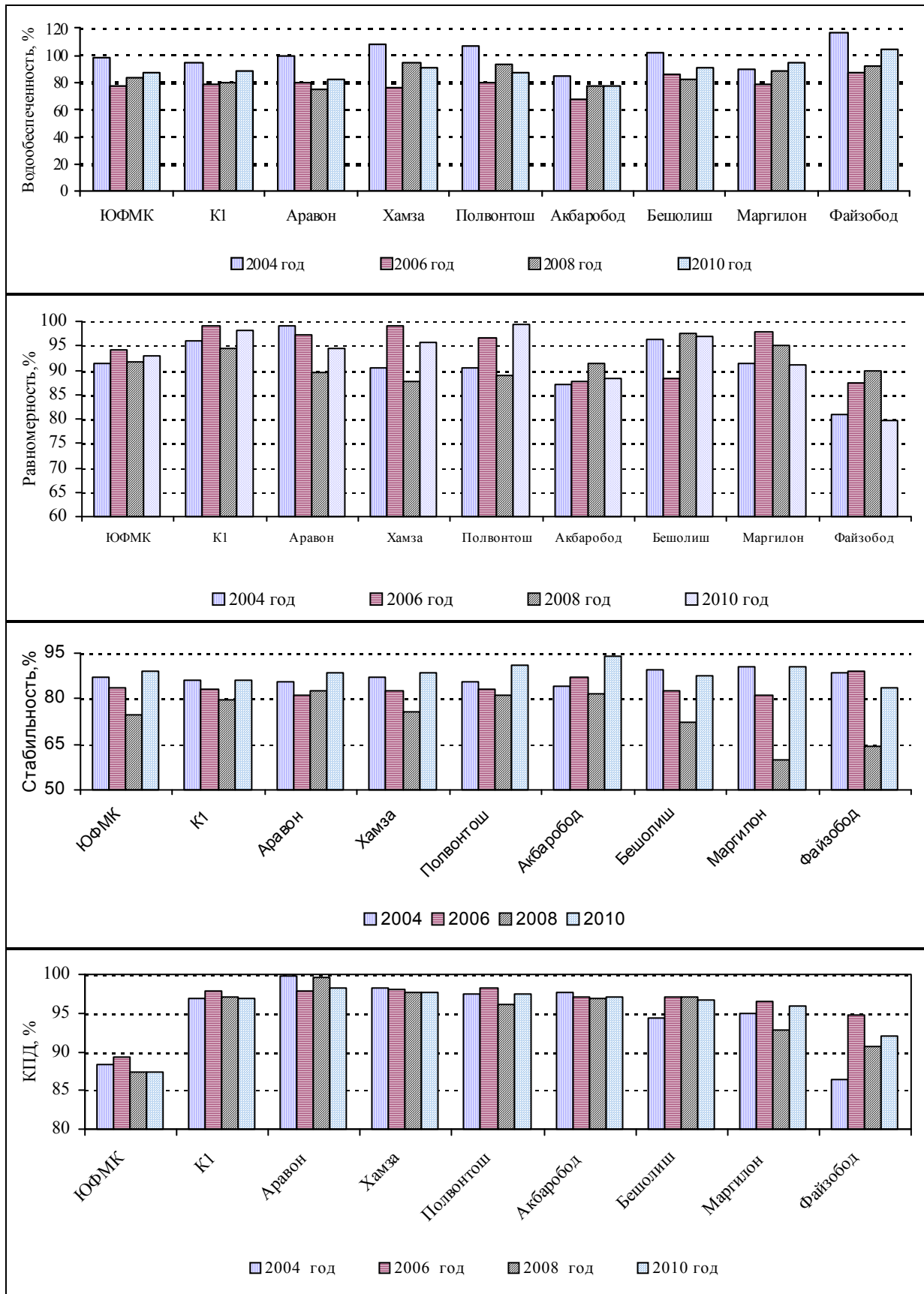
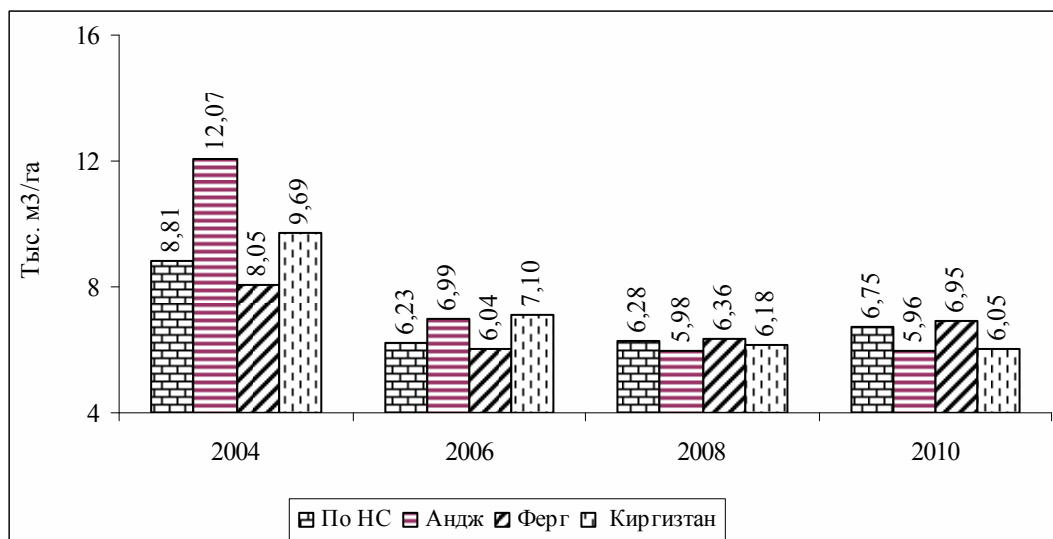
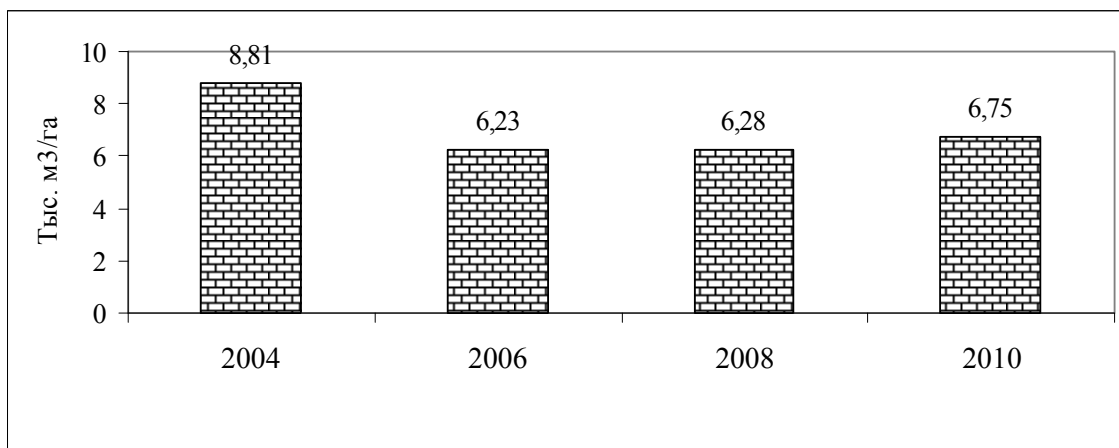


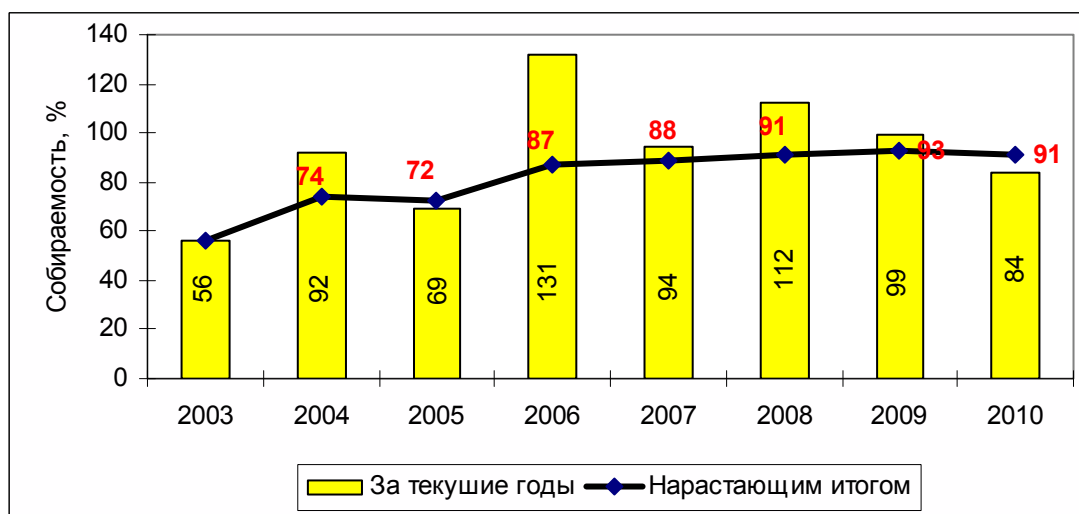
Рис. 4. Показатели водораспределения по балансовым участкам ЮФМК



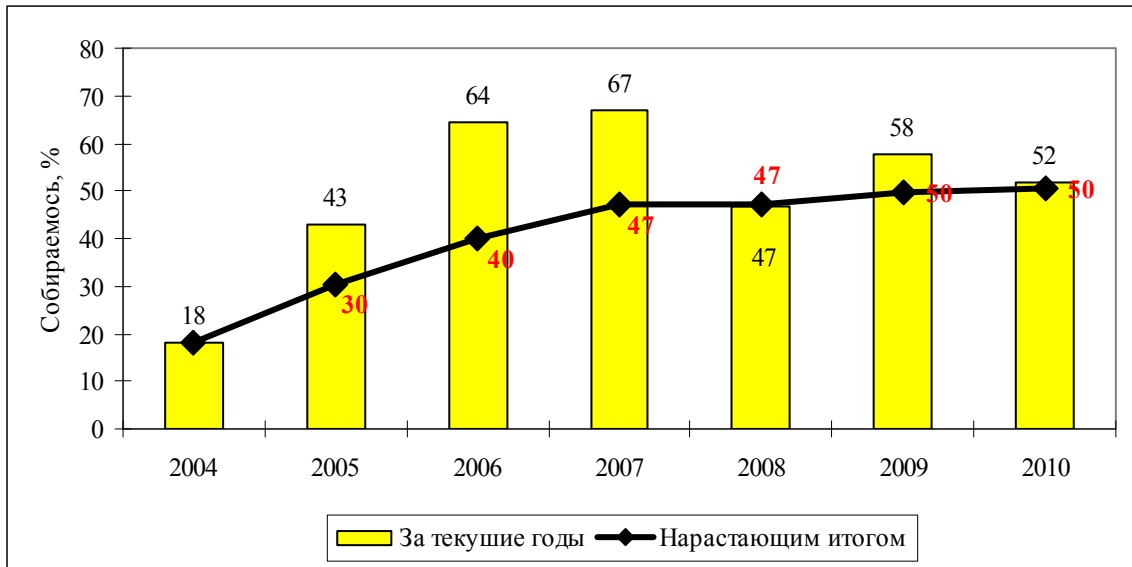
**Рис. 5. Фактические удельные водоподачи по НС ЮФМК (Андижанской и Ферганской области)**



**Рис. 6. Фактические удельные водоподачи по НС ЮФМК**



**Рис. 7. Собираемость по ААК**



**Рис. 8. Собираемость по ХБК**

## Составители руководства:

### Региональная группа



Мирзаев Н.Н.  
Лидер Блока 1



Саидов Р.Р.  
Консультант по  
руководству водой



Эргашев И.  
Консультант по  
водораспределению



Сулейманов Ф.Ю.  
Консультант по  
институциональным  
вопросам



Юн Н.М.  
Ассистент



Миркамиллова Ш.Н.  
Техник

### Менеджеры национальных офисов



Холиков А.Т.  
Республика  
Узбекистан



Тажобаев К.Э.  
Республика  
Кыргызстан



Хомидов А.А.  
Республика  
Таджикистан







Подготовлено к печати  
в Научно-Информационном Центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,  
г. Ташкент, массив Карасу-4, д. 11  
Тел. (998 71) 265 92 95, 266 41 96  
Факс (998 71) 265 27 97  
Эл. почта: [dukh@icwc-aral.uz](mailto:dukh@icwc-aral.uz); [dukh@rol.uz](mailto:dukh@rol.uz);

Верстка: Беглов И.Ф.