

**ШВЕЙЦАРСКОЕ АГЕНТСТВО ПО МЕЖДУНАРОДНОМУ РАЗВИТИЮ И  
СОТРУДНИЧЕСТВУ (SDC)**

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ КООРДИНАЦИОННАЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
КОМИССИЯ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ (МКВК)**

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

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

**ПРОЕКТ «ИУВР-ФЕРГАНА»**

**ОТЧЕТ ПО ПОЗИЦИИ 1.7.1**

**РУКОВОДСТВО ПО РАСЧЕТУ И АНАЛИЗУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

**Руководитель проекта, проф.**

**В. Духовный**

**Региональный координатор  
проекта**

**В. Соколов**

**Руководитель деятельности  
«Пилотные каналы»**

**Н. Мирзаев**

**ТАШКЕНТ – 2006 г.**

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

|  |   |
|--|---|
| Мирзаев Н.Н.<br>Лидер компонента «Пилотные каналы»                     | Координация работ исполнителей, доработка Руководства |
| Саидов Р.<br>Ассистент лидера компонента «Пилотные каналы»             | Обработка и подготовка материалов, оформление отчета  |
| Эргашев И.<br>Техник компонента «Пилотные каналы»                      | Обработка и подготовка материалов, оформление отчета  |
| Расулов П.К.<br>Областной исполнитель по Южно-Ферганскому каналу       | Подготовка материалов для Руководства                 |
| Матраимов Б.Э.<br>Областной исполнитель по Араван-Ак-Буринскому каналу | Подготовка материалов для Руководства                 |
| Ходжиев Х.Р.<br>Областной исполнитель по каналу Ходжа-Бакирган         | Подготовка материалов для Руководства                 |

## **ПРЕАМБУЛА**

*«Руководство ...» посвящено технико-технологическим аспектам ИУВР и предназначено как для водников, так и для сельскохозяйственных водопользователей, а также для всех других заинтересованных сторон в зоне канала (системы), осознавших необходимость того, что, во имя достижения справедливости, равномерности, стабильности и эффективности водораспределения, следует*

- *повысить качество мониторинга водораспределения;*
- *освоить методику расчета основных показателей водораспределения с использованием инструментов ИУС;*
- *научиться пользоваться показателями водораспределения, для того чтобы глубоко и всесторонне анализировать состояние водораспределения и принимать оперативные и долгосрочные решения, направленные на повышение качества управления водой и ее использования.*

*«Руководство ...» рассчитано для лиц разного уровня подготовленности:*

- *рядовых водников и водопользователей (разделы 2, 3);*
- *руководителей водного и сельского хозяйства высокого ранга (раздел 5);*
- *научным работникам, а также специалистам, разрабатывающим программы для расчета показателей на компьютерах (разделы 3, 4).*

*В «Руководстве ...» использованы материалы расчетов и анализа основных показателей водораспределения, полученные в ходе реализации проекта "Интегрированное Управление Водными Ресурсами Ферганской Долины", выполняемого НИЦ МКВК и IWMI совместно с*

- *Министерством сельского и водного хозяйства Узбекистана;*
- *Министерством сельского, водного хозяйства и перерабатывающей промышленности Кыргызстана;*
- *Министерством мелиорации и водного хозяйства Таджикистана.*

*Объектами проекта являются следующие пилотные (магистральные) каналы:*

- *Южно-Ферганский (Ферганская и Андижанская области Узбекистана, Араванский район Кыргызстана);*
- *Араван-Акбура (Ошская область Кыргызстана);*
- *Ходжа-Бакирган (Согдийская область Таджикистана).*

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

| Термины                               | Определения   |
|---------------------------------------|---|
| 1. Вегетационный период               | Период с 1 апреля по 30 сентября.   |
| 2. Вневегетационный период            | Период с 1 октября по 31 марта.   |
| 3. Водное хозяйство                   | Отрасль экономики, связанная с использованием, охраной и воспроизводством водных объектов.  |
| 4. Водные ресурсы                     | Общий объем имеющейся в наличии всех видов воды (поверхностной, подземной, возвратной), который используется или потенциально может быть использован людьми и природой.   |
| 5. Водный режим                       | Изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в водных объектах и почвогрунтах.   |
| 6. Водозабор                          | Забор воды из канала высокого порядка в канал последующего порядка. Пример: водозабор в хозяйство является водоподачей в хозяйство из межхозяйственного канала.   |
| 7. Водозаборное сооружение            | Комплекс сооружений и устройств для забора воды из водных объектов.   |
| 8. Водозаборные сооружения, гидроузлы | Сооружения, обеспечивающие поступление воды в проводящие системы в соответствии с требованиями  |
| 9. Водоисточники                      | Реки, саи, родники, озера, водохранилища, площадки для сбора атмосферных осадков, как источники получения воды для разных целей, включая орошение.  |
| 10. Водообеспеченность                | Отношение величины фактического водозабора (водоподачи) к их плановым (лимитным) значениям или официально оформленным потребностям.   |
| 11. Водоподача                        | Подача воды из канала высокого порядка в канал последующего порядка.  |
| 12. Водопользование                   | В широком смысле слова – деятельность по управлению водными ресурсами, включающая регулирование, забор, доставку и использование воды.<br>В узком смысле слова – деятельность по использованию воды.  |
| 13. Водопользователи                  | В широком смысле слова – все физические и юридические лица (заинтересованные стороны - стейкхолдеры), имеющие непосредственное или косвенное отношение к водопользованию в зоне канала (системы).<br>В узком смысле слова - все физические и юридические лица, использующие воду для производственных, культурно-технических, экологических и прочих целей. |
| 14. Водораспределение                 | Деятельность по забору и доставке воды водопользователям  |
| 15. Водосбережение                    | Система мер, обеспечивающая рациональное и эффективное использование водных ресурсов.   |
| 16. Водоток                           | Водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности.   |
| 17. Водохозяйственная система         | Комплекс взаимосвязанных водных объектов и гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны вод,   |

|   |        |   |
|---|--------|---|
|   |        | а также для отведения сточных вод.  |
| 18. Водохозяйственные организации                   |        | Юридические лица, деятельность которых связана с регулированием, доставкой, воспроизводством и охраной вод, водоподготовкой, отведением сточных вод и эксплуатацией водных объектов.  |
| 19. Гидромелиоративная система                      |        | Комплекс технологически взаимосвязанных гидротехнических сооружений, устройств, оборудований и орошаемых земель, предназначенных для выращивания сельскохозяйственной продукции.  |
| 20. Гидротехнические сооружения                     |        | Инженерные сооружения, используемые для управления водными ресурсами, подготовки, подачи, транспортировки воды водопользователям и водоотведения, а также предупреждения вредного их воздействия.   |
| 21. Заявка на воду                                  |        | Количество воды (сток, расход), заявленное водопользователем на предстоящую декаду с учетом природно-хозяйственных условий.   |
| 22. 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.. |
| 23. Канал   |        | Искусственный открытый водовод.   |
| 24. Климатическая зона                              |        | Территория, характеризующаяся одинаковыми климатическими характеристиками.  |
| 25. Комплексный гектар                              |        | Условная единица орошаемой площади, содержащая весь относительный набор площадей орошаемых культур, га  |
| 26. Коэффициент полезного действия канала (системы) | канала | Показатель эффективности транспортировки воды по каналу (системе), определяемый отношением водоподдачи из канала (системы) к водозабору в канал (систему).  |
| 27. Лимит   |        | Количество воды (в абсолютных и относительных величинах), которое водохозяйственная организация должна подать водопользователю после согласования спроса на воду (заявки) и предложения – имеющегося в наличии водных ресурсов.   |
| 28. Объекты водопользования                         |        | Сельскохозяйственные культуры, население, техника, природа и т.д.   |
| 29. Организационные потери                          |        | Потери воды в канале, вызванные недостатками в управлении потоком воды (несанкционированный сброс).   |
| 30. Оросительная норма сельхозкультуры              | норма  | Затраты оросительной воды на единицу орошаемой площади для выращивания сельхозкультуры, м <sup>3</sup> /га.   |
| 31. Оросительный канал                              |        | Искусственное сооружение, предназначенное для транспортировки воды от источников орошения к поливным участкам.  |
| 32. Плановый расход (сток) воды (план)              |        | Количество воды (сток, расход), установленный в точках водodelения в соответствии с планом водопользования (водораспределения).   |
| 33. Повторные культуры                              |        | Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в условиях  |

|                                     |        |  |
|-------------------------------------|--------|--|
|                                     |        | ЦАР после уборки озимых зерновых и хлопчатника (кормовые культуры, овощи, бахча и т.д.).   |
| 34. Продуктивность воды             |        | Количество продукции сельскохозяйственной культуры, полученной с единицы воды, затраченной на орошение (т/м <sup>3</sup> ).  |
| 35. Промежуточная сельхозкультура   |        | Сельскохозяйственная культура, выращиваемая в междурядье многолетних насаждений (садов, виноградников).  |
| 36. Расход                          |        | Объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени (л/с, м <sup>3</sup> /с).   |
| 37. Сбросной канал                  |        | Искусственное сооружение на распределительной сети, используемое для сброса использованной и излишней воды в русло реки или естественное понижение местности.  |
| 38. Системный водораспределения     | план   | Часть производственного плана водохозяйственной организации, составленный на основе хозяйственных планов и отражающий спрос на воду в орошаемой зоне, подкомандной оросительной системе, и состоящий из плановых расходов воды в голове системы, на отдельных узлах вододеления, в головах распределительных каналов, на границах гидротехнических участков и в пунктах выдела воды в хозяйства (АВП). |
| 39. Сток                            |        | Количество воды, протекающее через сечение водотока за какой-либо интервал времени (л, м <sup>3</sup> ).   |
| 40. Субъекты водопользования        |        | Сельскохозяйственные, промышленные, коммунально-бытовые и культурно-развлекательные предприятия (организации).   |
| 41. Удельный водозабор (водоподача) |        | Затраты оросительной воды на единицу орошаемой площади, м <sup>3</sup> /га.  |
| 42. Фактический расход (сток) воды  | расход | Количество воды (расход, сток), фактически полученное водопользователем.   |
| 43. Хозяйственный водопользования   | план   | Часть производственного плана хозяйства (АВП), отражающая требование (спрос) хозяйства (АВП) на воду в вегетационный (вневегетационный) период.  |

## СОКРАЩЕНИЯ

|      |  |
|------|--|
| ААБК | Араван-Акбуринский канал                     |
| АВП  | Ассоциация водопользователей                 |
| БД   | База данных                                  |
| БУ   | Балансовый участок                           |
| ВП   | Водопользователь                             |
| ВХК  | Внутрихозяйственный канал                    |
| ВХО  | Водохозяйственная организация                |
| ВХС  | Водохозяйственная система                    |
| ГМР  | Гидромодульный район                         |
| ГМС  | Гидромелиоративная система                   |
| ГТС  | Гидротехнические сооружения                  |
| ГУВХ | Государственное управление водного хозяйства |
| ИС   | Ирригационная система                        |
| ИУВР | Интегрированное управление водными ресурсами |
| КДС  | Коллекторно-дренажный сток                   |
| КЗ   | Климатическая зона                           |
| КПД  | Коэффициент полезного действия.              |
| КТЭН | Культурно-технические и экологические нужды  |
| ПК   | Пилотный канал                               |
| УК   | Управление канала                            |
| ЦАР  | Центрально-азиатский регион                  |
| ХБК  | Ходжа-Бакирганский канал                     |
| ЮФК  | Южно-Ферганский канал                        |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   | Стр. |
|---|------|
| 1. ВВЕДЕНИЕ   | 9    |
| 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ                        | 11   |
| 3. ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ                             | 13   |
| 3.1. Коэффициент водообеспеченности                         | 13   |
| 3.2. Коэффициент суточной стабильности                      | 14   |
| 3.3. Коэффициент декадной стабильности                      | 16   |
| 3.4. Коэффициент равномерности водоподачи                   | 17   |
| 3.5. Коэффициент равномерности водоподачи» голова-конец»    | 18   |
| 3.6. КПД  | 18   |
| 3.7. Удельная водоподача                                    | 21   |
| 3.8. Удельный водозабор                                     | 22   |
| 3.9. Коэффициент эффективности ирригации                    | 22   |
| 3.10. Коэффициент продуктивности воды                       | 23   |
| 3.11. Коэффициент собираемости платы за водные услуги из ПК | 23   |
| 3.12. Удельные затраты на эксплуатацию и поддержание ПК     | 23   |
| 4. ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ        | 24   |
| 5. АНАЛИЗ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ                                 | 38   |
| 5.1. Порядок анализа  | 38   |
| 5.2. Роль внутренних и внешних показателей                  | 39   |
| 5.3. Примеры анализа водораспределения                      | 40   |
| 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ   | 54   |
| 7. ЛИТЕРАТУРА   | 56   |



## **1. ВВЕДЕНИЕ**

1. Для повышения благосостояния населения в условиях орошаемого земледелия очень важно повысить продуктивность оросительной воды («Больше урожая с капли»).
2. Продуктивность оросительной воды зависит от многих факторов, в том числе от качества управления водой на ирригационных системах.
3. Процесс управления водой должен включать следующие этапы:
  - планирование (составление планов водораспределения и их корректировка);
  - реализация планов водораспределения;
  - мониторинг процесса водораспределения;
  - анализ и оценка процесса водораспределения при помощи системы показателей;
  - разработка оперативных, средне- и долгосрочных мер по повышению качества управления водой с тем, чтобы, в конечном счете, повысить продуктивность воды.
4. Для качественного анализа водораспределения надо располагать достоверной и полной исходной информацией (приложение 1) и системой показателей.
5. Существует большое разнообразие показателей, отражающих технические, технологические, экономические, экологические и другие аспекты водохозяйственной деятельности.
6. В Руководстве представлен лишь теоретически необходимый минимум основных показателей 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.
7. Показатели водораспределения являются важным инструментом для принятия как краткосрочных, так и средне- и долгосрочных решений по улучшению управления водой.
8. 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.
9. 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.

10. Различают внешние и внутренние показатели. Внешние показатели характеризуют результаты функционирования ирригационных систем, а внутренние – характеризуют процессы, протекающие внутри системы и ведущие к получаемым в ее рамках результатам.
11. В рамках проекта налажен расчет, главным образом, внутренних показателей. Для расчета внешних показателей необходима дополнительно информация об урожайности сельхозкультур, их ценах, затратах на получение урожая, эксплуатационных затратах и т.д.
12. 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).
13. Коэффициентам стабильности и равномерности в отечественной научной литературе уделено очень мало внимания /Лактаев Н.Т, Багров М.Н. и др./, а в практике водораспределения они вообще не применяются, так как определение их 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. Впервые в рамках проекта в УК налажен расчет этих показателей.
14. 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».
15. В «Руководстве ...» использованы материалы расчетов и анализа основных показателей водораспределения, полученные в ходе реализации проекта "Интегрированное Управление Водными Ресурсами Ферганской Долины", выполняемого НИЦ МКВК и IWMИ совместно с
  - Министерством сельского и водного хозяйства Узбекистана;
  - Министерством сельского, водного хозяйства и перерабатывающей промышленности Кыргызстана;
  - Министерством мелиорации и водного хозяйства Таджикистана.
16. Объектами проекта являются пилотные (магистральные) каналы:
  - Южно-Ферганский (Ферганская и Андижанская области Узбекистана, Араванский район Кыргызстана);
  - Араван-Акбура (Ошская область Кыргызстана);
  - Ходжа-Бакирган (Согдийская область Таджикистана).

## **2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

### **2.1. Информация по воде**

#### **Уровни наблюдений (измерений)**

- Хозяйство, АВП;
- Район;
- Область;
- Республика;
- Магистральный канал.

#### **Точки наблюдений (измерений)**

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

#### **Первичная информация**

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

#### **Частота наблюдений**

- Каждый час (контрольные посты ЮФК);
- 3 раза в сутки (контрольные посты и гидросты отводов из ААБК);
- 4 раза в сутки (гидросты отводов из ЮФК).

#### **Тип информации в зависимости от ее назначения**

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

#### **Тип информации в зависимости от пространства**

- Головной водозабор в ПК;
- Водоподача из ПК;
- Боковой приток (подпитка ЮФК 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 ЮФК; сброс из ПК);
- Концевой отток воды (транзит, сброс);

#### **Тип информации в зависимости от категории потребителя воды**

- Водоподача на орошение;

- Водоподача на культурно-технические и экологические нужды (КТЭН) – протехнужды, коммунальные нужды и т.д.;
- Мощность насосной станции (установки) и др.;

#### **Тип информации в зависимости от времени**

- Часовая;
- Суточная;
- Декадная;
- Часть сезона;
- Сезон;
- Год.

#### **Единица измерения**

- Расход – л/с, м<sup>3</sup>/с;
- Сток – тыс. м<sup>3</sup>, млн. м<sup>3</sup>

#### **2.2. Информация нормативная**

- Режимы орошения сельхозкультур;
- Климатическое и гидромодульное районирование.

#### **2.3. Информация по земле**

- Структура орошаемой площади в разрезе отводов, климатических и гидромодульных районов, га;
- Площадь сева повторных и промежуточных сельхозкультур, га;

#### **2.4. Экономическая информация**

- Размер платежей за водные услуги, \$;
- Задолженность по платежам, \$;
- Расходы на эксплуатацию и поддержание ПК (в том числе за счет госбюджета и водопользователей), \$;
- Тариф на водные услуги, \$/м<sup>3</sup>;
- Урожайность основных сельхозкультур (хлопчатник, зерновые), т/га;
- Валовой объем сельскохозяйственной продукции, \$.

### 3. ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

В данном разделе приведены:

- словесное описание алгоритма расчета показателей водораспределения;
- разъяснения по поводу назначения и роли показателей водораспределения;
- примеры расчета некоторых показателей водораспределения, иллюстрирующие процесс расчета показателей водораспределения.

В рамках проекта «ИУВР-Фергана» разработана и внедряется информационная управляющая система (ИУС), включающая модели планирования водораспределения, компьютерные программы и базу данных (БД) и позволяющая рассчитывать, в частности, показатели водораспределения. Примеры «ручного счета даны лишь для облегчения понимания пользователями сущности показателей.

#### 3.1. Коэффициент водообеспеченности

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{\text{Фактическая водоподача}}{\text{Плановая водоподача}} \quad (1)$$

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>1</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>2</sup>.

#### Примеры расчета коэффициентов водообеспеченности

а) Отвод

- *Декада: 3 декада апреля*

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

<sup>1</sup> Коэффициенты водообеспеченности, стабильности, равномерности и др. являются безразмерными. Чтобы выразить коэффициенты в % надо увеличить их на 100.

<sup>2</sup> Здесь и далее имеются в виду расчеты «нарастающим итогом».

- Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

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

**Таблица 3.1.1. 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

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

- Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

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

**Таблица 3.1.2. 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                |

### 3.2. Коэффициент суточной стабильности

а) Отвод

$$\begin{aligned} & \text{Коэффициент суточной стабильности} = \\ & = 1 - \left( \frac{\text{среднеквадратическое отклонение внутрисуточных наблюдений} \\ & \text{расходов воды относительно среднесуточного расхода воды} /}{\text{среднесуточный расход воды}} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

б) Группа отводов

$$\begin{aligned} & \text{Коэффициент суточной стабильности по группе отводов} = \\ & = \text{среднеарифметическое значение коэффициентов суточной} \\ & \text{стабильности по отводам} \end{aligned} \quad (3)$$

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 гидростях ПК;
- по отводу (суточная стабильность водоподачи);
- по группе отводов (хозяйство, АВП, ПК и т.д.).

Максимальное значение коэффициента стабильности равно 1.

В практике водораспределения пока коэффициент стабильности, также как коэффициент равномерности, 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*

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

**Таблица 3.2.1 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                             |                                      |                |
| 3                     | 52.2  | -2.18                | 4.767                             |                                      |                |
| 4                     | 49.8  | 0.22                 | 0.047                             |                                      |                |
| 5                     | 49.8  | 0.22                 | 0.047                             |                                      |                |
| 6                     | 53.8  | -3.78                | 14.314                            |                                      |                |
| 7                     | 52    | -1.98                | 3.934                             |                                      |                |
| 8                     | 52    | -1.98                | 3.934                             |                                      |                |
| 9                     | 52    | -1.98                | 3.934                             |                                      |                |
| 10                    | 52.2  | -2.18                | 4.767                             |                                      |                |
| 11                    | 52.2  | -2.18                | 4.767                             |                                      |                |
| 12                    | 52    | -1.98                | 3.934                             |                                      |                |
| 13                    | 52    | -1.98                | 3.934                             |                                      |                |
| 14                    | 50    | 0.02                 | 0.000                             |                                      |                |
| 15                    | 50    | 0.02                 | 0.000                             |                                      |                |
| 16                    | 50    | 0.02                 | 0.000                             |                                      |                |
| 17                    | 46    | 4.02                 | 16.134                            |                                      |                |
| 18                    | 46    | 4.02                 | 16.134                            |                                      |                |
| 19                    | 46    | 4.02                 | 16.134                            |                                      |                |
| 20                    | 50    | 0.02                 | 0.000                             |                                      |                |
| 21                    | 50    | 0.02                 | 0.000                             |                                      |                |
| 22                    | 46.2  | 3.82                 | 14.567                            |                                      |                |
| 23                    | 45.9  | 4.12                 | 16.947                            |                                      |                |
| 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;

$Q_{\text{ср}}$  – среднесуточный расход воды, м<sup>3</sup>/с.

На контрольных постах ЮФК организованы почасовые наблюдения за расходом воды.

### 3.3. Коэффициент декадной стабильности

а) Отвод

$$\text{Коэффициент декадной стабильности} = 1 - \frac{\text{Среднеквадратическое отклонение среднесуточных расходов воды относительно среднедекадного расхода}}{\text{Среднедекадный расход воды}} \quad (4)$$

б) Группа отводов

$$\begin{aligned} &\text{Коэффициент декадной стабильности по группе отводов} \\ &= \text{среднеарифметическое значение коэффициентов} \\ &\text{декадной стабильности по отводам} \end{aligned} \quad (5)$$

Пример расчета коэффициента декадной стабильности по отводу

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

**Таблица 3.3.1. 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 | √0.003273 |
|---------|------|-------------------|-----------------------------------|--|-----------|
| 11      | 0.8  | 0.02              | 0.0004                            |  |           |
| 12      | 0.8  | 0.02              | 0.0004                            |  |           |
| 13      | 1    | -0.18             | 0.0324                            |  |           |
| 14      | 0.8  | 0.02              | 0.0004                            |  |           |
| 15      | 0.8  | 0.02              | 0.0004                            |  |           |
| 16      | 0.8  | 0.02              | 0.0004                            |  |           |
| 17      | 0.8  | 0.02              | 0.0004                            |  |           |
| 18      | 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;

$Q_{\text{ср}}$  – среднедекадный расход воды, м<sup>3</sup>/с.

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

**Таблица 3.3.2. 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                |



### 3.4. Коэффициент равномерности водоподачи

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

$$\text{Коэффициент равномерности водоподачи} = 1 - \frac{\text{Абсолютное значение разности между водообеспеченностью отвода (или группы отводов) и водообеспеченностью ПК}}{\text{Водообеспеченность ПК}} \quad (6)$$

Основополагающим принципом водораспределения, вытекающим из принципа социальной справедливости, в настоящее время является – принципе 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

$$\text{Коэффициент равномерности водоподачи из ПК} = \text{среднеарифметическое значение коэффициентов равномерности водоподачи водопользователей ПК} \quad (7)$$

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 3.4.1. 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 3.4.2. 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 |
|--|------|------|------|------|

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

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

### 3.5. 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.

$$\text{Коэффициент равномерности «голова-конец»} = 1 - \frac{\text{абсолютное значение разности между водообеспеченностью 25\% водопользователей конечного участка ПК и 25\% водопользователей головного участка ПК}}{\text{водообеспеченность 25\% водопользователей конечного участка ПК}} \quad (8)$$

Пример расчета коэффициента равномерности водоподачи «голова-конец»

**Таблица 3.5.1. 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                | Хужабод          | 0,88                           | 3                | Кучкурчи         | 0,58                           |
| 4                | Фархад           | 0,96                           | 4                | Эргашев          | 0,71                           |
| 5                | Турдиев          | 0,91                           | 5                | Навий            | 0,73                           |
|                  | Среднее          | 0,93                           |                  | Среднее          | 0,76                           |

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

### 3.6. Технический коэффициент полезного действия (КПД)

$$\text{Технический КПД} = \frac{\text{Водоподача} + \text{Транзит} + \text{Сброс}}{\text{Головной водозабор} + \text{Боковой приток}} \quad (9)$$

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 ЮФК формируется за счет головного водозабора из

Шахрихансая, а также за счет боковых притоков из Акбурсыя, Аравансая, Бешалишсая, Маргилансая и за счет подпитки из Каркиданского водохранилища.

$$\text{Организационный КПД} = 1 - \frac{\text{Сброс} + \text{Сверхплано вая водоподача}}{\text{Головной водозабор} + \text{Боковой приток}} \quad (10)$$

$$\text{Эксплуатационный КПД} = \text{Технический КПД} + \text{Организационный КПД} - 1 \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{КПД}^3 \text{ системы орошения} &= \text{КПД магистрального} \\ &\text{канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети} \times \\ &\times \text{КПД внутрихозяйственной сети} \times \text{КПД поля} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{КПД оросительной системы} &= \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД} \\ &\text{межхозяйственной сети} \times \\ &\times \text{КПД внутрихозяйственной сети} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{КПД межхозяйственной оросительной системы} &= \\ &= \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети} \end{aligned} \quad (14)$$

Примеры расчета КПД балансового участка (БУ) ПК и самого ПК (данные взяты по ЮФК)

а) КПД БУ (таблица 3.6.1)

- *Декада: 3 декада апреля*

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

- *Расчетный период: 1 - 3 декады апреля*

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

**Таблица 3.6.1. Расчет КПД БУ**

| Показатели              | Единица измерения   | Апрель |       |       | Расчетный период |
|-------------------------|---------------------|--------|-------|-------|------------------|
|                         |                     | 1      | 2     | 3     |                  |
| Декада                  |                     |        |       |       |                  |
| 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 (таблица 3.6.2.)

- *Декада: 3 декада апреля*

<sup>3</sup> Здесь и далее под «КПД» (если нет никаких пояснений типа «организационный», «эксплуатационный») будем иметь в виду технический КПД.

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

- Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

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

**Таблица 3.6.2. Расчет КПД ПК**

| Показатели              | Единица измерения   | Апрель |       |       | Расчетный период |
|-------------------------|---------------------|--------|-------|-------|------------------|
|                         |                     | 1      | 2     | 3     |                  |
| Декада                  |                     |        |       |       |                  |
| 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 ЮФК (таблица 3.6.3)

1

- 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 3.6.3. Расчет организационного КПД ПК**

| Показатели                     |      | Единица измерения   | Апрель |       |       | Расчетный период |
|--------------------------------|------|---------------------|--------|-------|-------|------------------|
|                                |      |                     | 1      | 2     | 3     |                  |
| Декада                         |      |                     |        |       |       |                  |
| 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 (таблицы 3.6.2, 3.6.3)

- Декада: 3 декада апреля

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

- *Расчетный период: 1 - 3 декады апреля*

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

### 3.7. Удельная водоподача

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

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 внутривозвратного 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) (таблица 3.7.1)

##### 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 3.7.1. Расчет удельной водоподачи**

| Показатели          | Единица измерения       | Объекты        | Апрель |        |        | За расчетный период |
|---------------------|-------------------------|----------------|--------|--------|--------|---------------------|
|                     |                         |                | 1      | 2      | 3      |                     |
| Декада              |                         |                |        |        |        |                     |
| 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                |

### 3.8. Удельный водозабор

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

Пример расчета удельного водозабора

**Таблица 3.6.2. Расчет КПД ПК**

| Показатели          | Единица измерения       | Апрель |       |       | Расчетный период |
|---------------------|-------------------------|--------|-------|-------|------------------|
|                     |                         | 1      | 2     | 3     |                  |
| Декада              |                         |        |       |       |                  |
| 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

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

### 3.9. Коэффициент эффективности ирригации<sup>4</sup>

<sup>4</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).

$$\text{Коэффициент эффективности ирригации} = \frac{\text{Суммарная эвапотранспирация с зоны ПК}}{\text{Удельный водозабор}} \quad (17)$$

Пример расчета коэффициента эффективности ирригации по ЮФК (таблица 3.9.1).

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

**Таблица. 3.9.1. Расчет коэффициентов эффективности ирригации по пилотным каналам (вегетация 2003 г.)**

| № | Показатели  | Единица измерения       | ЮФК     | ААБК   | 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   |

### 3.10. Коэффициент продуктивности воды

$$\text{Коэффициент физической продуктивности воды} = \frac{\text{Количество продукции сельскохозяйственной культуры}}{\text{Количество воды поданной из ПК на получение сельхозкультур}} \quad (18)$$

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

### 3.11. Коэффициент собираемости платы за водные услуги

$$\text{Коэффициент собираемости платы за водные услуги} = \frac{\text{Фактическая сумма собранных платежей за услуги}}{\text{Плановая сумма платежей за водные услуги (задолженность по оплате)}} \quad (20)$$

### 3.12. Удельные затраты на эксплуатацию и поддержание ПК

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

## 4. ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

### 1. Коэффициент водообеспеченности

#### а) для отвода

- декадный

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

- 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>5</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>6</sup>,  $i = \overline{1, m}$ ;

<sup>5</sup> Если рассматривается вегетационный период (апрель – сентябрь), то номер последней декады вегетационного периода равен 18.

<sup>6</sup> Вода из ПК может подаваться также транзитом за пределы зоны ПК: из ЮФК транзитный расход идет на подпитку БФК и БАК, из ААБК - на подпитку Араванская, из ХБК - на подпитку зон машинного орошения Б.Гофуровского и Дж.Расуловского ГУВХ.



$m$  - номер последнего отвода из ПК.

б) для ПК

- декадный

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

- за расчетный период

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

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

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

## 2. Коэффициент суточной стабильности водоподачи<sup>7</sup>

а) в отвод

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

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

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,  $m^3/c$ ;

<sup>7</sup> Нижеприведенные формулы для расчета коэффициентов стабильности водоподачи (суточной и декадной) можно использовать для расчета коэффициентов стабильности расходов воды на контрольных гидростаях ПК.

- $Q_{di\varepsilon}$  - среднесуточная водоподача в отвод, м<sup>3</sup>/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>8</sup>;  
 $K$  - количество наблюдений расходов воды в течение суток;  
 $\mu$  - индекс наблюдений расходов воды.

**б) из ПК**

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

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

### 3. Коэффициент декадной стабильности водоподачи

**а) в отвод**

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

- 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.

<sup>8</sup> На контрольных постах ЮФК проводятся почасовые наблюдения, на отводах из ЮФК – 4-х разовые наблюдения. На ААБК и ХБК проводятся только 3-х разовые наблюдения.

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

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  $m^3$ .  
 $M$  - 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. 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;
- $R$  - 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

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

#### б) 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

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

#### с) 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

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

где:  $o$  - признак организационного КПД;  
 $I_g$  - множество, элементы которого номера отводов, в которые произошла сверхплановая водоподача из ПК,  $I_g \subset I$ .

#### д) Эксплуатационный КПД ПК

- декадный

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

где:  $\varphi$  - признак эксплуатационного КПД.

- за расчетный период

$$\eta_c^{\int \varphi} = \eta_c^{\int e} + \eta_c^{\int 0} - 1. \quad (31)$$

#### 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)

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

$v$  - признак оросительной системы ПК.

**g) КПД межхозяйственной оросительной системы (ПК)**

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

где  $\xi$  - признак межхозяйственной оросительной системы.

### 7. Удельная водоподача

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

где:  $\bar{W}_z$  - 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

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

- за расчетный период

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

**б) из ПК (нетто)**

- за декаду

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

где:

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

- за расчетный период

$$\bar{W}_{dc} = \sum_{d \in D} W_{di} / F_i. \quad (40)$$



### 3.8. 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).

### 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 культуре 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>;  
 $P_{cz}$  - 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, м<sup>3</sup>.

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

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 водные услуги

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

- где:
- $\Omega_c$  - коэффициент собираемости платы за водные услуги;
  - $O_c^f$  - фактическая сумма собранных платежей за водные услуги;
  - $O_c^p$  - плановая сумма платежей за водные услуги (задолженность по оплате).

## 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, \$/м<sup>3</sup>;
  - $\Psi_c$  - затраты на эксплуатацию и поддержание, \$;
  - $W_c$  - водоподача, м<sup>3</sup>.

### Список условных обозначений

1. **A** – коэффициент эффективности ирригации
2. **B** – стоимость сельскохозяйственной продукции
3. **C** – цена единицы сельскохозяйственной продукции
4. **c** – признак ПК
5. **D** – множество, элементы которого номера декад, входящих в расчетный период
6. **d** – индекс декады
7. **E** – суммарное испарение с зоны ПК
8. **e** – признак технического КПД
9. **F** – орошаемая площадь
10. **f** – признак фактической информации
11. **G** – множество, элементы которого номера отводов через которые осуществляется сброс воды из ПК
12. **g** – признак сброса воды из ПК
13. **H** – множество, элементы которого номера отводов через которые осуществляется транзит воды из ПК
14. **h** – признак транзитного расхода (стока) воды;

15. **I** – множество, элементы которого номера отводов, подающих воду из ПК в зону ПК
16. **i** – индекс отвода, подающего воду из ПК в зону ПК,  $i = \overline{1, m}$
17. **J** – множество, элементы которого номера балансовых участков
18. **j** – индекс балансового участка
19. **K** – количество наблюдений расходов воды в течение суток
20. **k** – номер последнего наблюдения расхода воды в течение суток
21. **L** – количество хозяйств-водопользователей, составляющих 25% от общего числа отводов из ПК
22. **M** – количество отводов, подающих воду из ПК в зону ПК
23. **m** – номер последнего отвода из ПК
24. **N** – количество суток в расчетной декаде
25. **n** – номер последней сутки расчетной декады
26. **O** – сумма платежей за водные услуги
27. **o** – признак организационного КПД
28. **P** – коэффициент экономической продуктивности воды
29. **p** – признак плановой информации
30. **Q** – расход воды
31. **q** – признак притока воды в ПК (подпитка ПК)
32. **R** – множество, элементы которого номера источников воды (канал, сай, насос, насосная станция, коллектор и т.д.), через которые осуществляется боковой приток воды в ПК
33. **r** – признак бокового притока воды в ПК (подпитка ПК);
34. **S** – коэффициент стабильности
35. **s** – признак системы орошения
36. **T** – продолжительность водоподачи в d-ую декаду
37. **t** – номер расчетной декады
38. **U** – коэффициент равномерности
39. **V** – коэффициент водообеспеченности
40. **v** – признак оросительной системы ПК
41. **W** – сток воды
42. **X** – множество, элементы которого номера хозяйств-водопользователей
43. **x** – индекс хозяйства-водопользователя
44. **Y** – урожайность сельскохозяйственной культуры
45. **Z** – множество, элементы которого номера сельскохозяйственных культур
46. **z** – индекс сельскохозяйственной культуры
47. **Ω** – коэффициент собираемости платы за водные услуги
48.  $\omega$  – признак водозабора
49.  $\alpha$  – признак коэффициента суточной стабильности
50.  $\beta$  – признак коэффициента декадной стабильности
51.  $\varepsilon$  – индекс суток;  $\varepsilon = \overline{1, n}$ ,  $n = 10$  или  $11$  суткам (в зависимости от номера декады)
52.  $\varphi$  – признак эксплуатационного КПД
53.  $\eta$  – КПД
54.  $\lambda$  – признак коэффициента равномерности водоподачи «голова-конец»,

- учитывающего уровень равномерности водораспределения между  
концевой и головной участками ПК
55.  $\mu$  – индекс наблюдений расходов воды в течение суток
  56.  $\int$  признак показателя водораспределения за расчетный период;
  57.  $\xi$  – признак средневзвешенной водообеспеченности 25% хозяйств-  
водопользователей концевого участка ПК
  58.  $\theta$  – признак средневзвешенной водообеспеченности 25% хозяйств-  
водопользователей головного участка ПК
  59.  $\sigma$  признак межхозяйственной сети
  60.  $\tau$  признак внутрхозяйственной сети
  61.  $\psi$  признак поля
  62.  $\phi$  признак головного водозабора (в ПК, в балансовый участок ПК);
  63.  $\xi$  признак межхозяйственной оросительной системы ПК

*«Если вы не знаете, куда идете,  
то вас туда приведет любая дорога»*  
Льюис Кэрролл  
*«Делаю ли я все правильно?»;*  
*«Правильно ли вообще то, что я делаю?»:*

## 5. АНАЛИЗА ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

### 5.1. Порядок анализа

После того, как проведен расчет показателей водораспределения, следует приступить к их анализу. Анализ оперативных (суточных, декадных) показателей проводится в течение всего сезона, а анализ итоговых показателей делается после окончания сезона.

Анализ водораспределения целесообразно проводить в следующей последовательности.

1. Построить диаграммы по исходным данным:
  - головной водозабор;
  - водоподача;
  - сброс;
  - боковой приток (подпитка);
  - транзит;
  - орошаемая площадь;
  - культурно-технические и экологические нужды («промтехнужды»);
  - и т.д.
2. Построить диаграммы по показателям по всем объектам анализа (в разрезе декад, нарастающим итогом);
3. Выявить на диаграммах резко выделяющиеся значения (явно заниженные или явно завышенные) исходных данных и показателей;
4. Исследовать и объяснить – результатом чего являются эти резкие отклонения. 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 неучет сброса 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.;
  - прочее;
5. Внести коррективы в исходную информацию с учетом обнаруженных ошибок;
6. Построить диаграммы по различным исходным данным и показателям для сравнения друг с другом
  - отводов;
  - насосных станций;
  - декад;
  - сезонов;
  - водопользователей;
  - районов;

- областей;
  - балансовых участков;
  - контрольных постов;
  - пилотных каналов;
  - и т.д.
7. Выявить, на основе анализа диаграмм, тенденции (во времени и пространстве), наметившиеся в руководстве и управлении водораспределением, и причины, вызвавшие эти тенденции:
- 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 ЮФК не означает, что относительно высоким является и коэффициент экономической продуктивности воды. Причина - низкие (относительно мировых) закупочные цены на хлопчатник в Узбекистане;
  - снижение тех или иных показателей водораспределения в 2005г могут быть результатом снижения качества управления водой из-за внешних причин: социальных потрясений (Кыргызстан), отвлечения водников на работу, не связанную непосредственно с их прямыми функциональными обязанностями, а также незапланированное вмешательство в процесс водораспределения (Узбекистан). Временное прекращение попусков из Андижанского водохранилища в конце вегетации может быть и целесообразно, но об этом водники и, особенно, водопользователи должны знать заблаговременно.

## **5.2. Роль внутренних и внешних показателей**

В зарубежной научной литературе показатели делят

- на внешние и
- внутренние.

Внешние показатели характеризуют затраты и результаты функционирования ирригационных систем; они делают возможным сравнение функционирования одной системы с другими подобными системами;

Внутренние показатели – характеризуют процессы, протекающие внутри системы и ведущие к получаемым в ее рамках результатам; они служат для сравнения фактических результатов с теми, которые были заявлены (с планом).

Такие показатели, например, как «удельная водоподача», «продуктивность воды», можно отнести к внешним показателям, а «водообеспеченность» и «стабильность» – к внутренним.

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

1. «Делаю ли я все правильно?»;
2. «Правильно ли вообще то, что я делаю?»;

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

Предположим, что внутренние показатели (водообеспеченность, стабильность, равномерность) по насосным станциям, подающим воду из ЮФК, являются приемлемыми (на практике это далеко не так). Из этого предположения вытекало бы, что водоподача осуществляется правильно и служба эксплуатации ЮФК управляет водой хорошо. Но, однако, из анализа внутренних показателей нельзя выяснить – правильно ли планируется распределение воды - правильна ли водная политика? Чтобы ответить на эти вопросы, следует обратиться к внешним показателям. Анализ внешних показателей (громкая удельная водоподача, низкая продуктивность воды) зарождаёт сомнение в экономической целесообразности водоподачи в зону машинного орошения.

### **5.3. Примеры анализа водораспределения**

Ниже приведены примеры построения диаграмм, а также наши комментарии к ним. При этом использованы фрагменты из работ, выполненных в ходе реализации проекта «ИУВР-Фергана» (компонент «Пилотные каналы»).



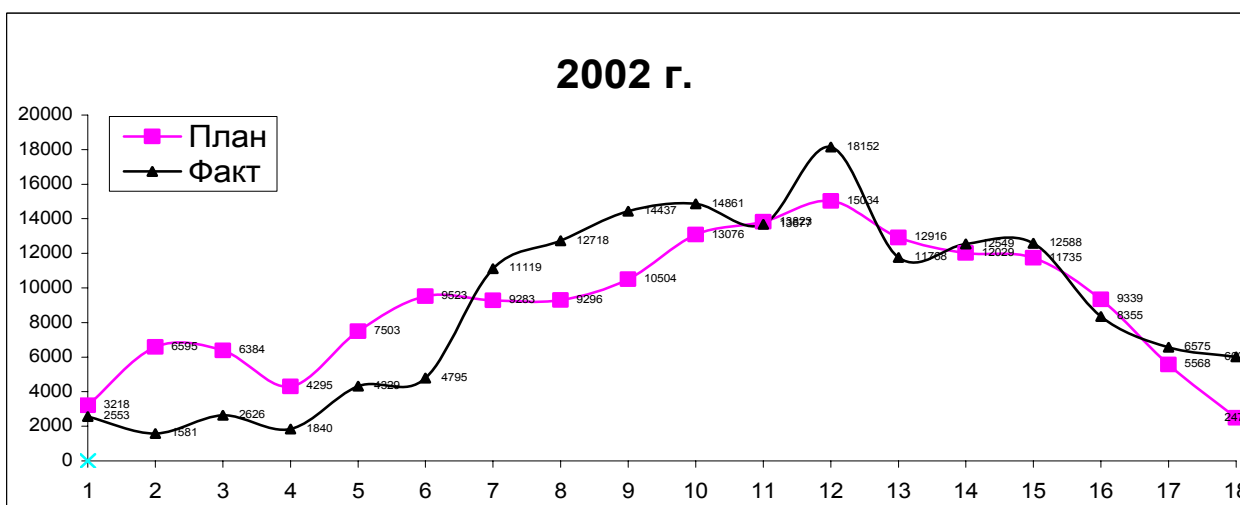
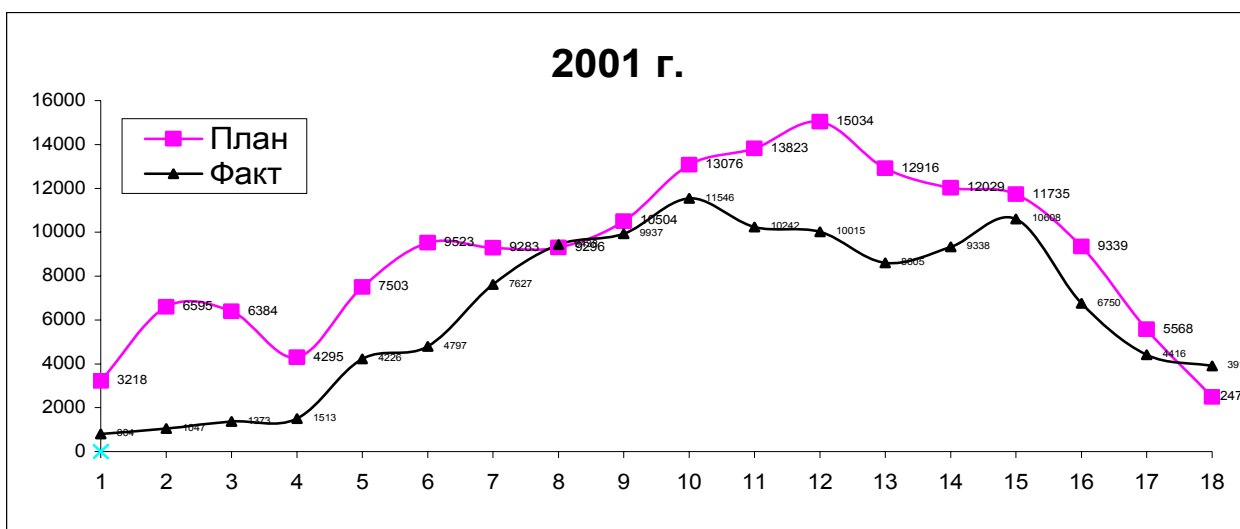
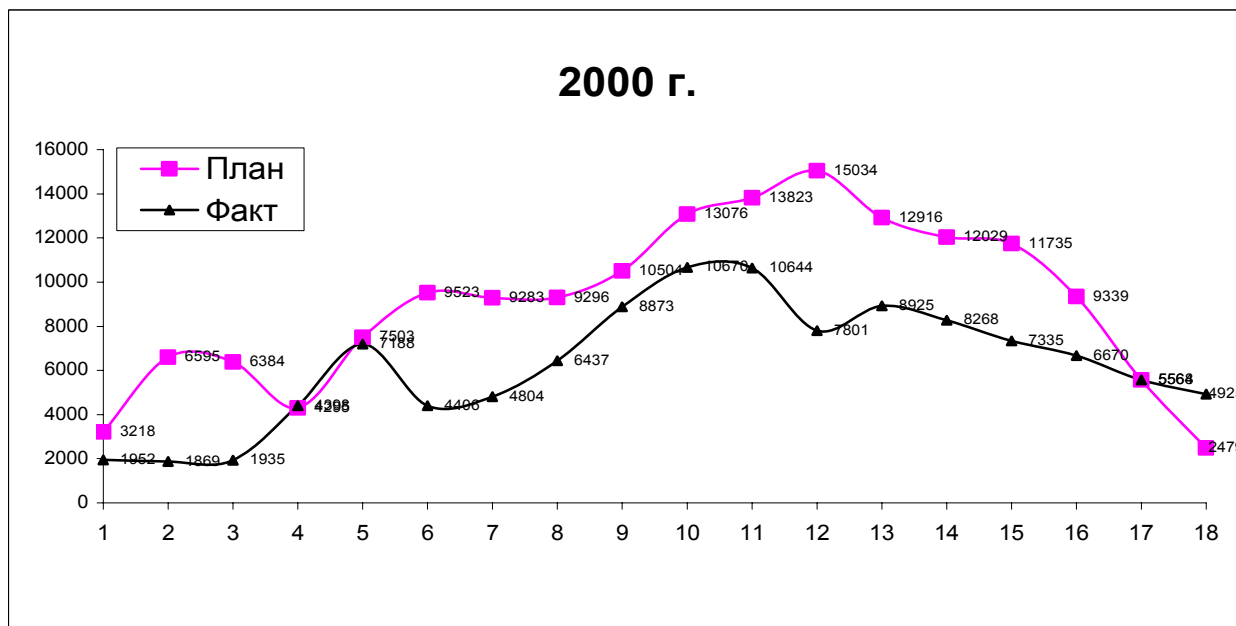


Рис 1. Плановые и фактические водозаборы за 2000-2002 гг. по ХБК

### 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>9</sup>. Наиболее водообеспеченным является период со второй декады июня до августа. В этот период в немаловодные годы (2002, 2003гг.) 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.

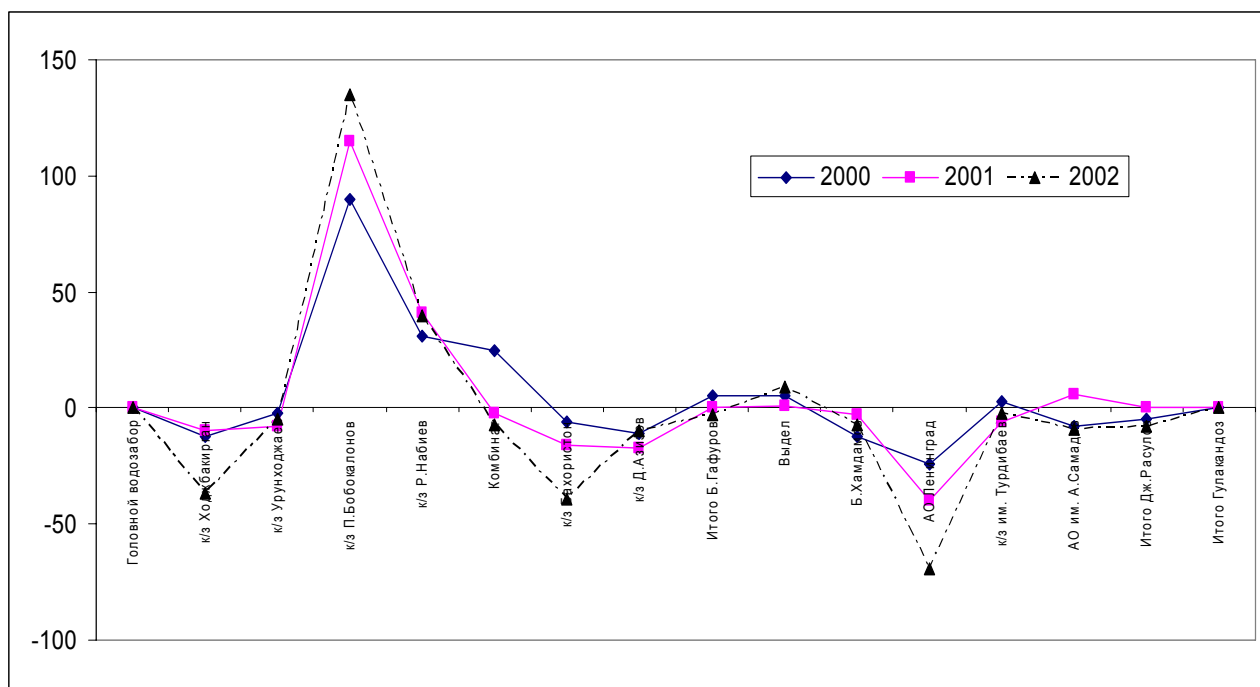


Рис 2. Отклонения водообеспеченности по хозяйствам ХБК от установленного процента вододеления за вегетационный период (%)

### Комментарий к рис. 2.

«Анализ данных об отклонениях водообеспеченности хозяйств от установленных «процентов вододеления» (рис 2) 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 «Боболонов», «Набиев», недобирают – «Ленинград». В целом по каналу и отклонение в 2003г. равно нулю, а по районам – очень незначительные». Это выдержка из отчета 2003г. Сейчас установлено, что эти отклонения были вызваны тем, что через отводы хозяйств «Боболонов», и «Набиев» вода транзитом подавалась в зону машинного орошения и к зоне ХБК не имеет отношение.

<sup>9</sup> В эту декаду наблюдаются большие переборы воды относительно плана.

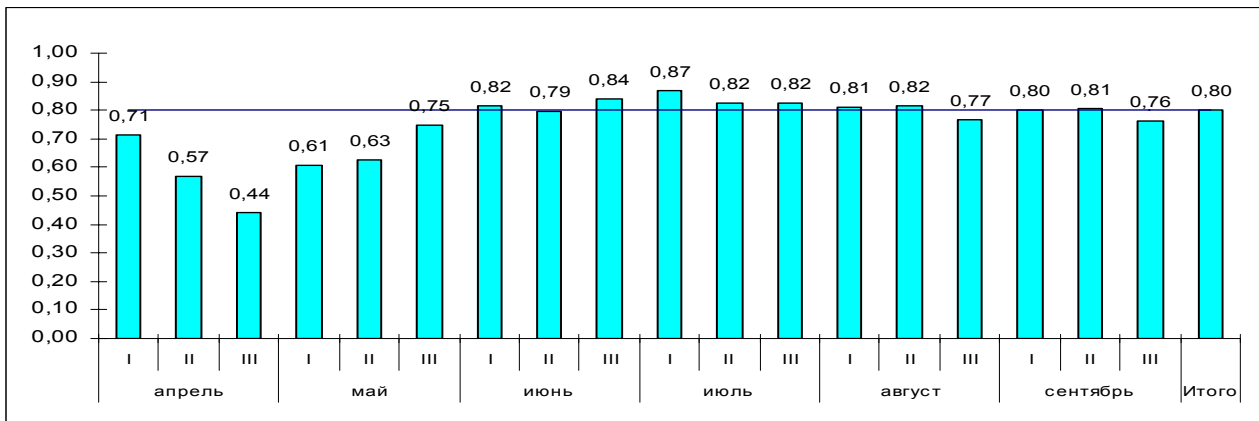


Рис 3. КПД ХБК (вегетация 2003 г.)

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.

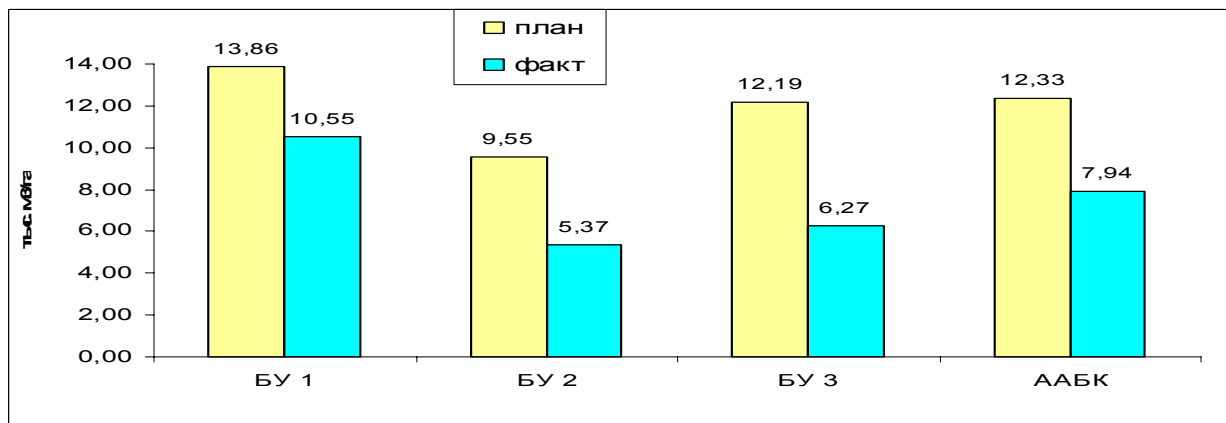


Рис 4. Плановая и фактическая удельные водоподачи из ААБК в разрезе балансовых участков (вегетация 2003 г.)

Комментарий к рис. 4.

Анализ удельных водоподач из ААБК (рис. 4) 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. м³/га). 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.

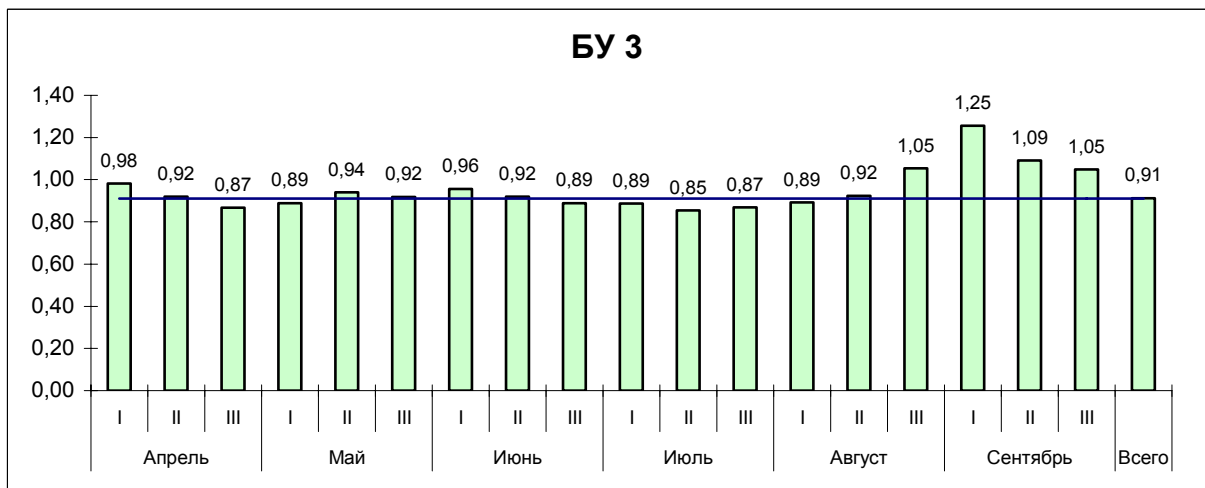
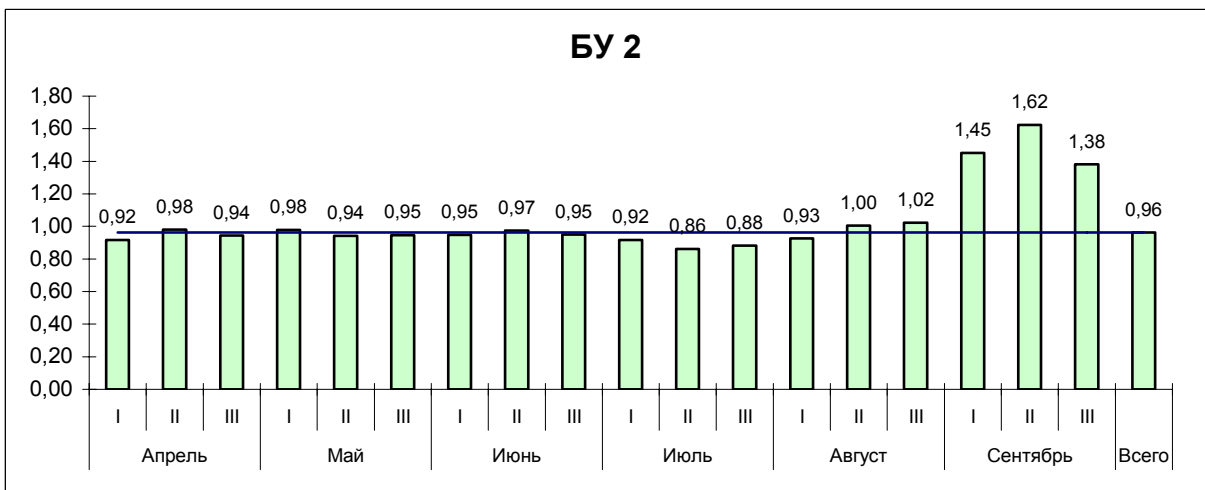
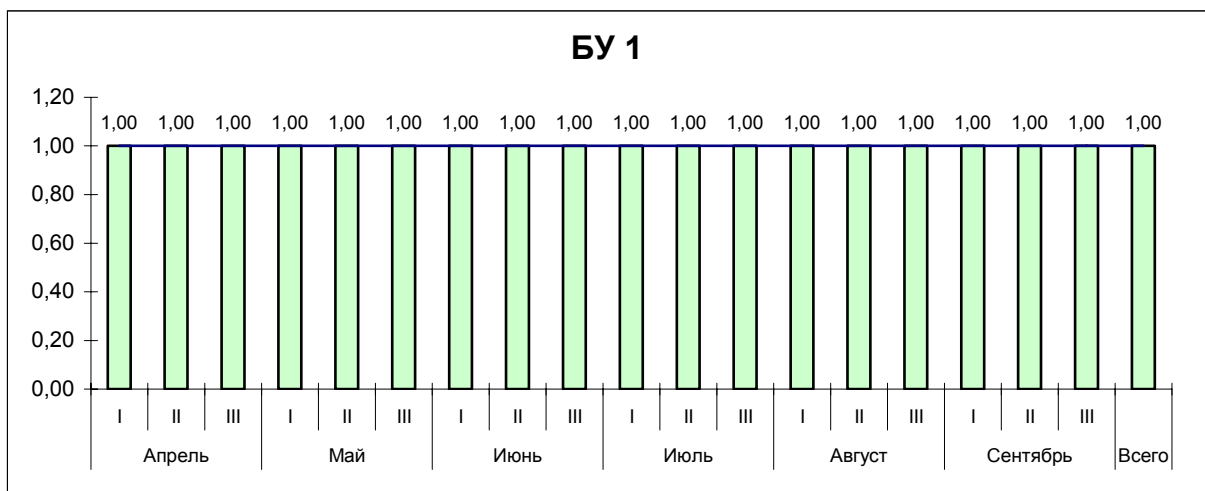


Рис. 5. Отношение лимитных водоподач к плановым по 3 балансовым участкам ЮФК

Комментарий к рис. 5.

На диаграммах (рис. 5) рассмотрены обеспеченность лимитных водоподач относительно плановых водоподач. Если бы лимиты устанавливались на основании принципа пропорциональности (то есть в соответствии с установленной методикой

лимитирования), то все значения водообеспеченностей 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.

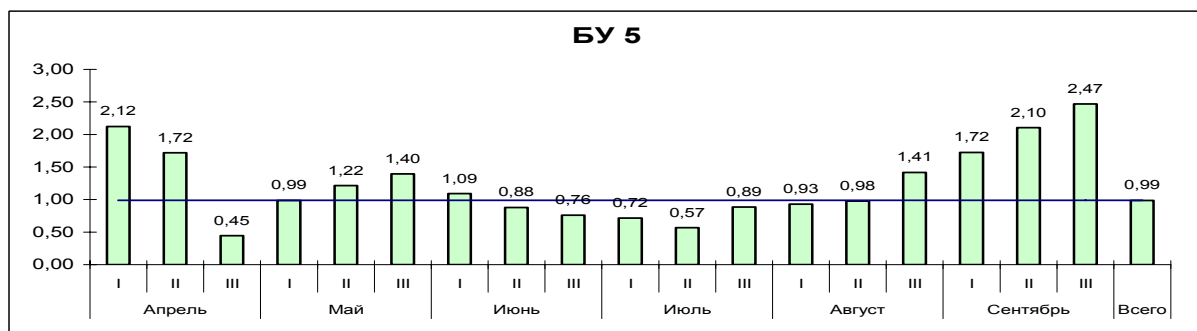
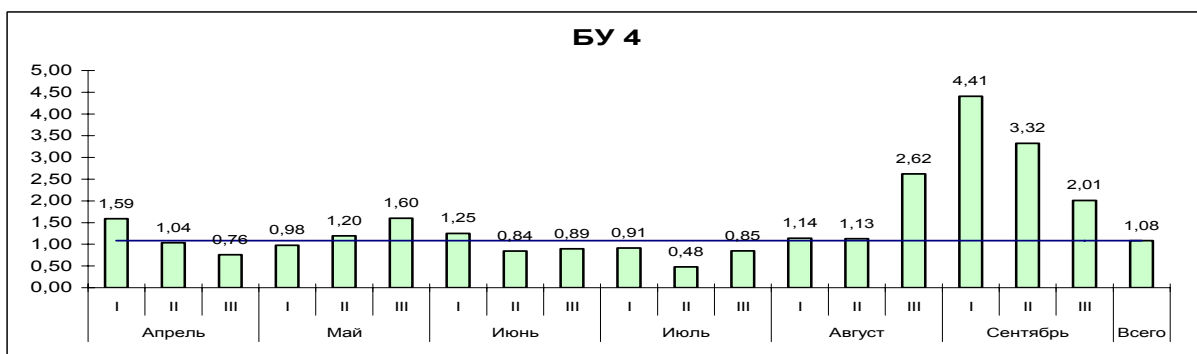
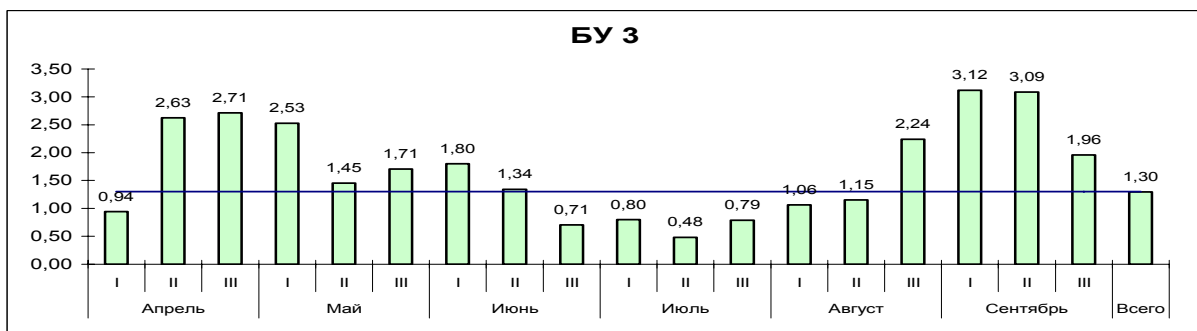
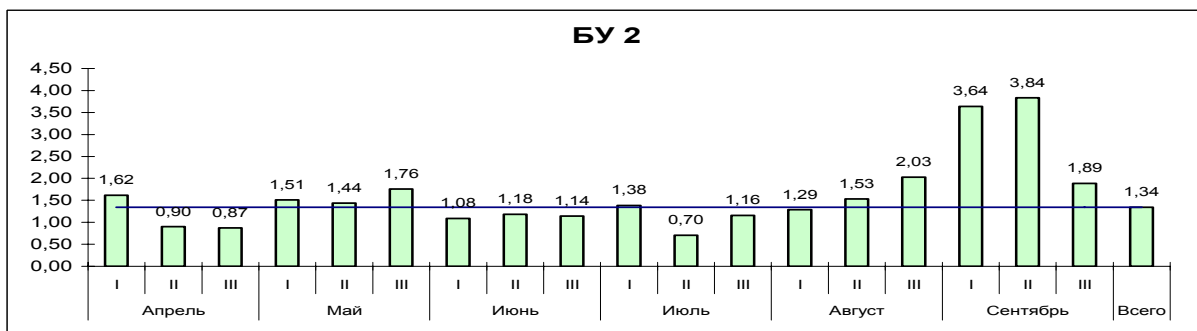
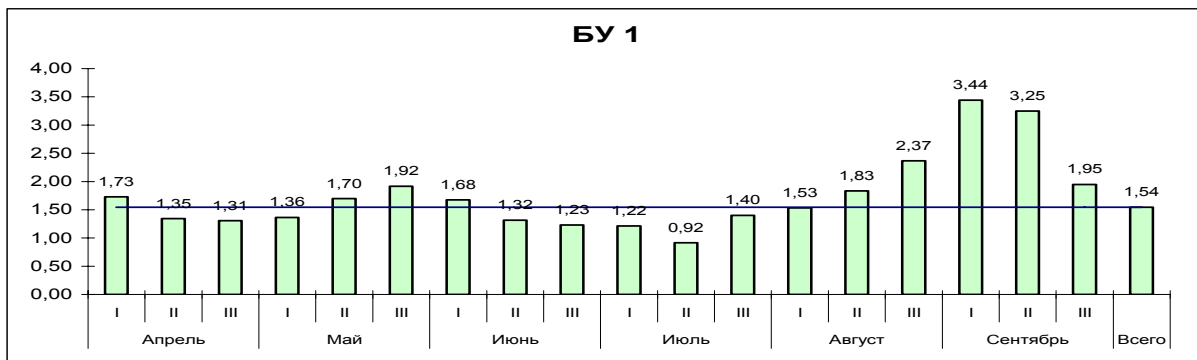


Рис. 6. Водообеспеченность по 5 балансовым участкам ЮФК (факт/план)

Комментарий к рис. 6

Отклонения фактической водоподачи от плановой (рис. 6) еще значительней: от 0.42 до 6.57. Причем, для вегетации 2003г. характерным является то, что наименьшая водообеспеченность по балансовым участкам и ЮФК 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 ЮФК обеспечивается водой из двух водохранилищ. Объяснить это можно разными причинами: план (спрос на воду) составляется неправильно, фактические данные не достоверны, эксплуатация водохранилищ проводится неправильно.

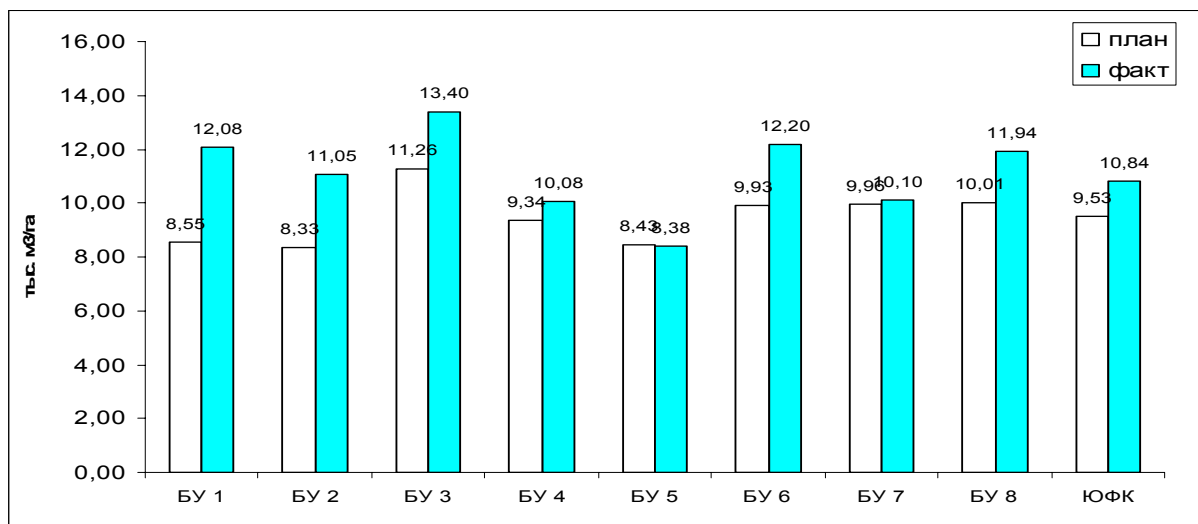


Рис 7. Плановая и фактическая удельные водоподачи по балансовым участкам ЮФК (вегетация 2003 г.)

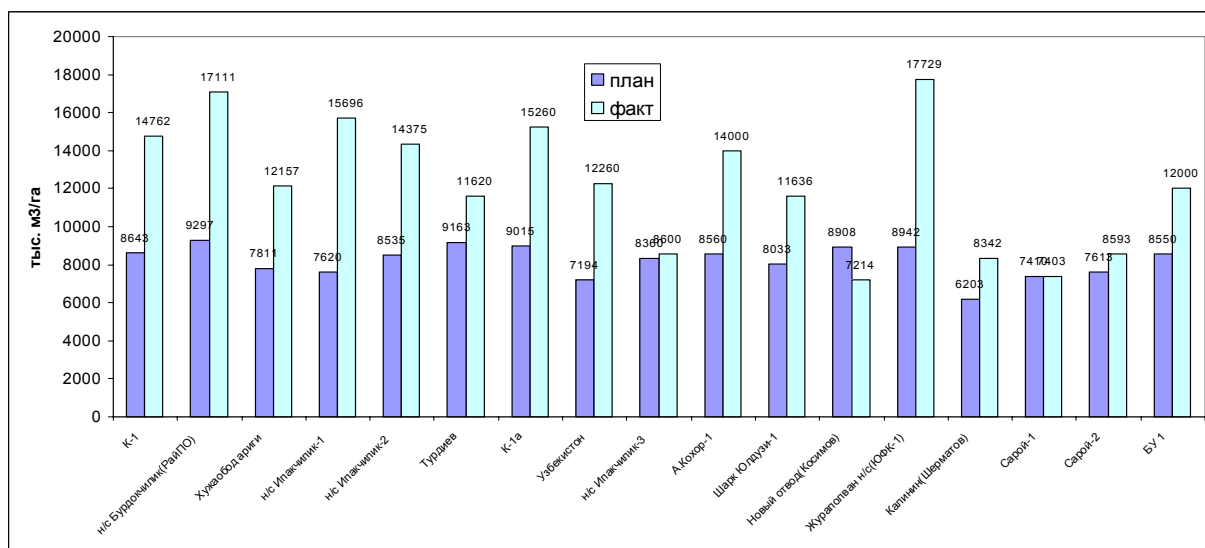
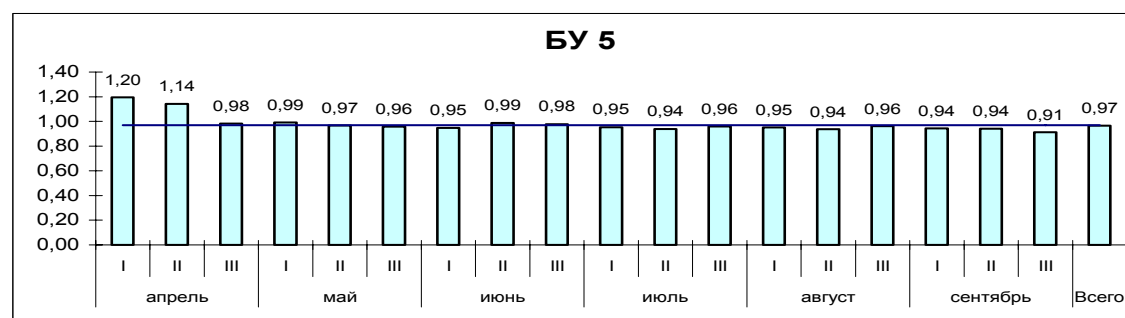
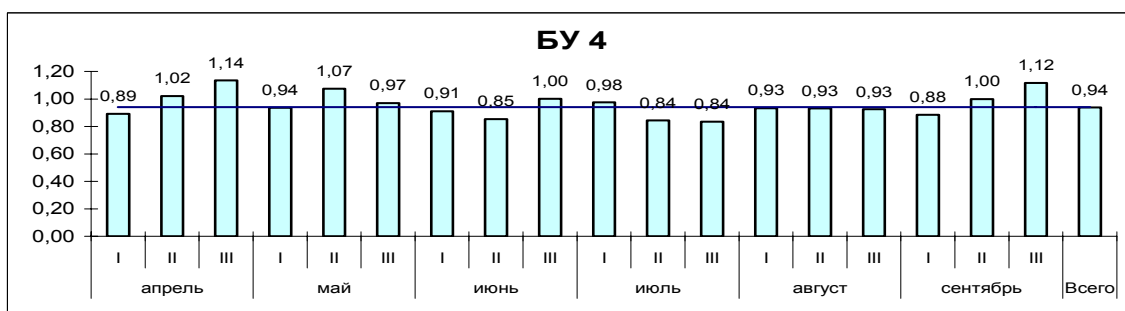
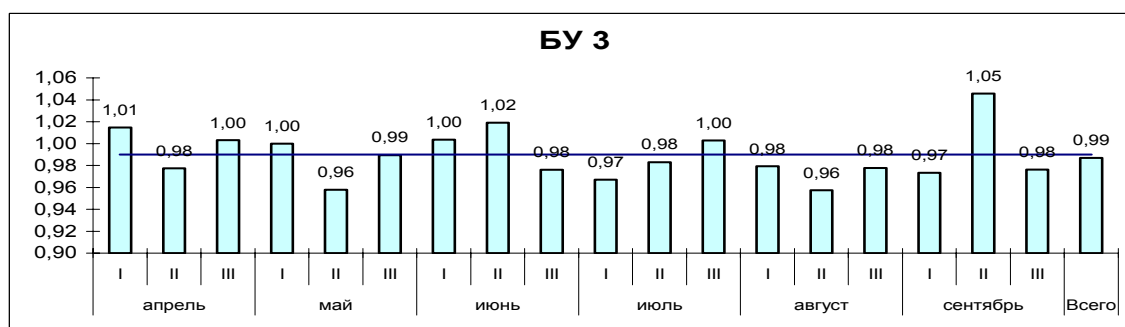
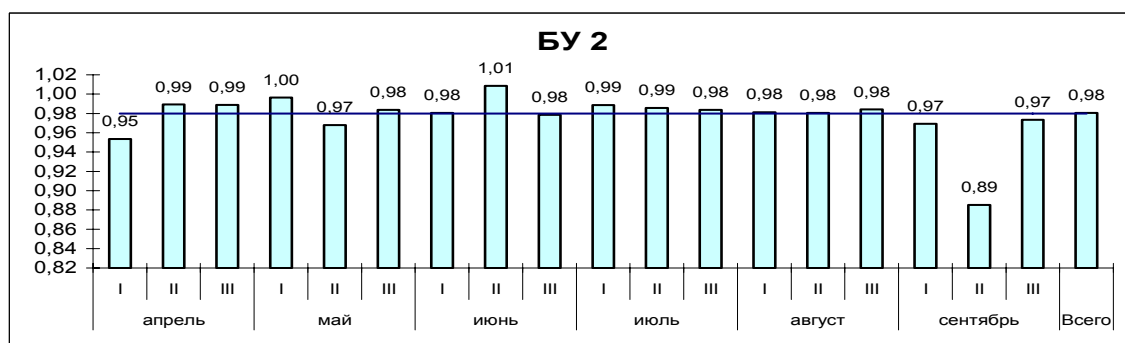
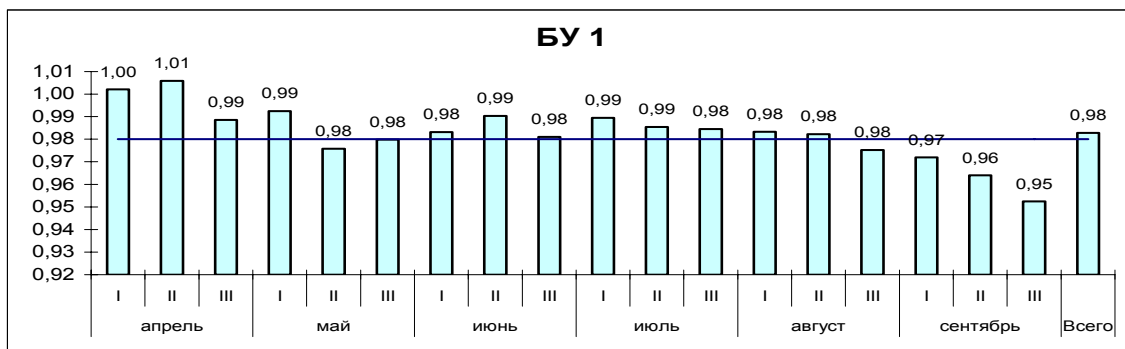


Рис 8. Плановые и фактические удельные водоподачи по отводам 1-го балансового участка Южно-Ферганского канала

Комментарий к рис. 7, 8.

На рис. 7 показаны результаты расчета удельных водоподач по балансовым участкам ЮФК и ЮФК в целом. По ЮФК 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.





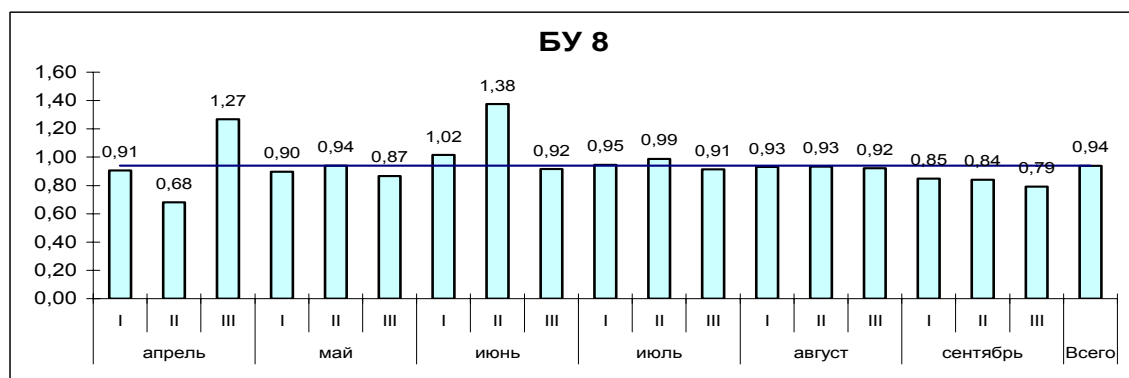
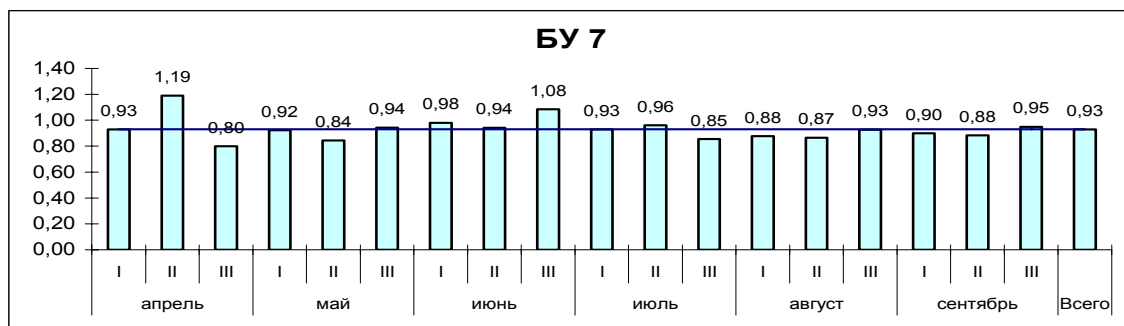
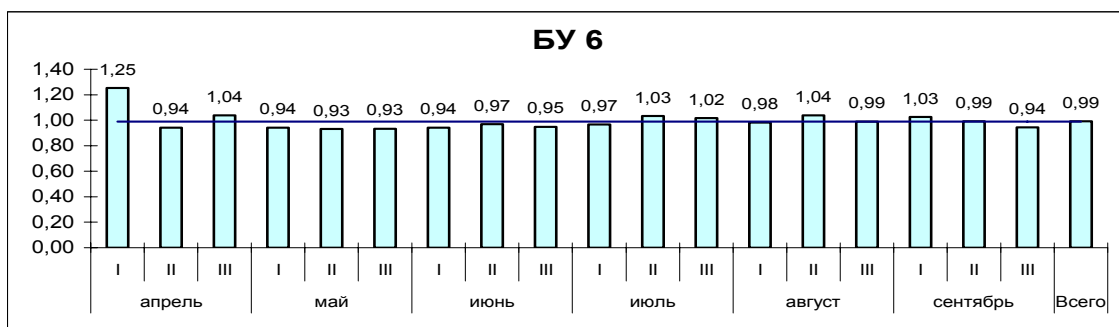


Рис. 9. КПД по балансовым участкам ЮФК в разрезе декад (вегетация 2003 г.)

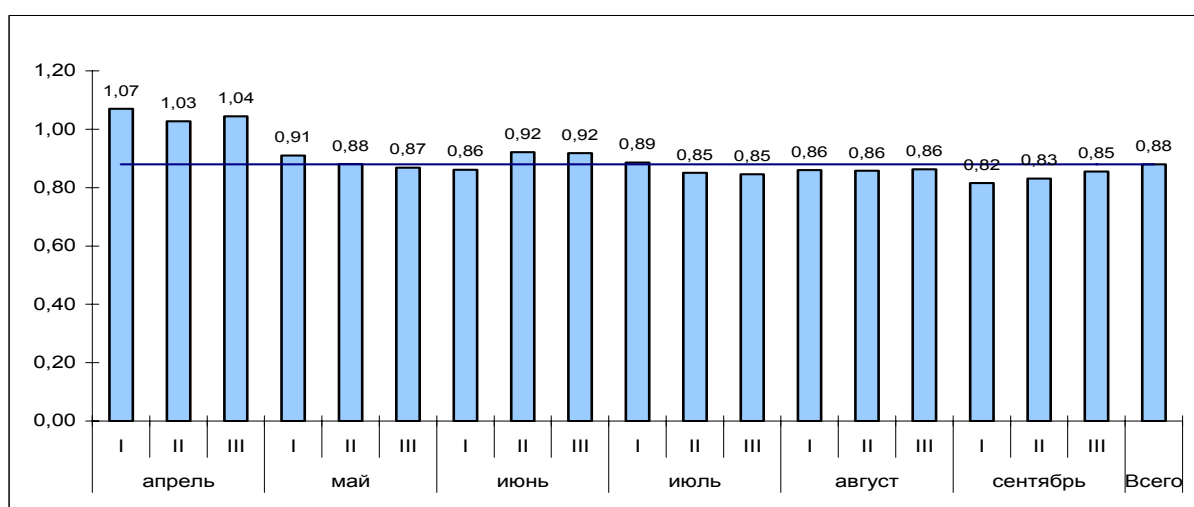


Рис. 10. КПД ЮФК по декадам (2003 г.)

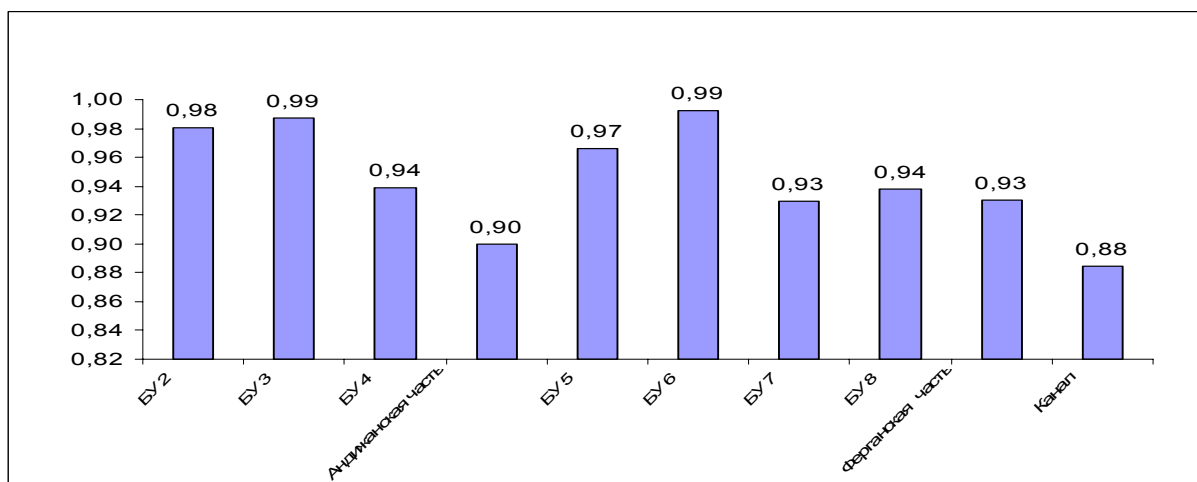


Рис. 11. КПД по балансовым участкам ЮФК (вегетация 2003 г.)

### Комментарий к рис. 9-11

Анализ результатов расчета КПД по балансовым участкам ЮФК ЮФК и декадам вегетации 2003г. (рис. 9-11) показывает, что КПД ЮФК 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 в той или иной степени, как правило, имеет место на всех пилотных каналах, так как в ряде участков каналы работают как коллектор<sup>10</sup>. В наибольшей степени такой приток характерен для ЮФК, так как многочисленные насосы качают воду из ЮФК 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.

Судя по эксплуатационным данным сбросов воды из пилотных каналов 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>10</sup> Возвратные подземные воды подпирают и разрушают бетонную облицовку каналов.

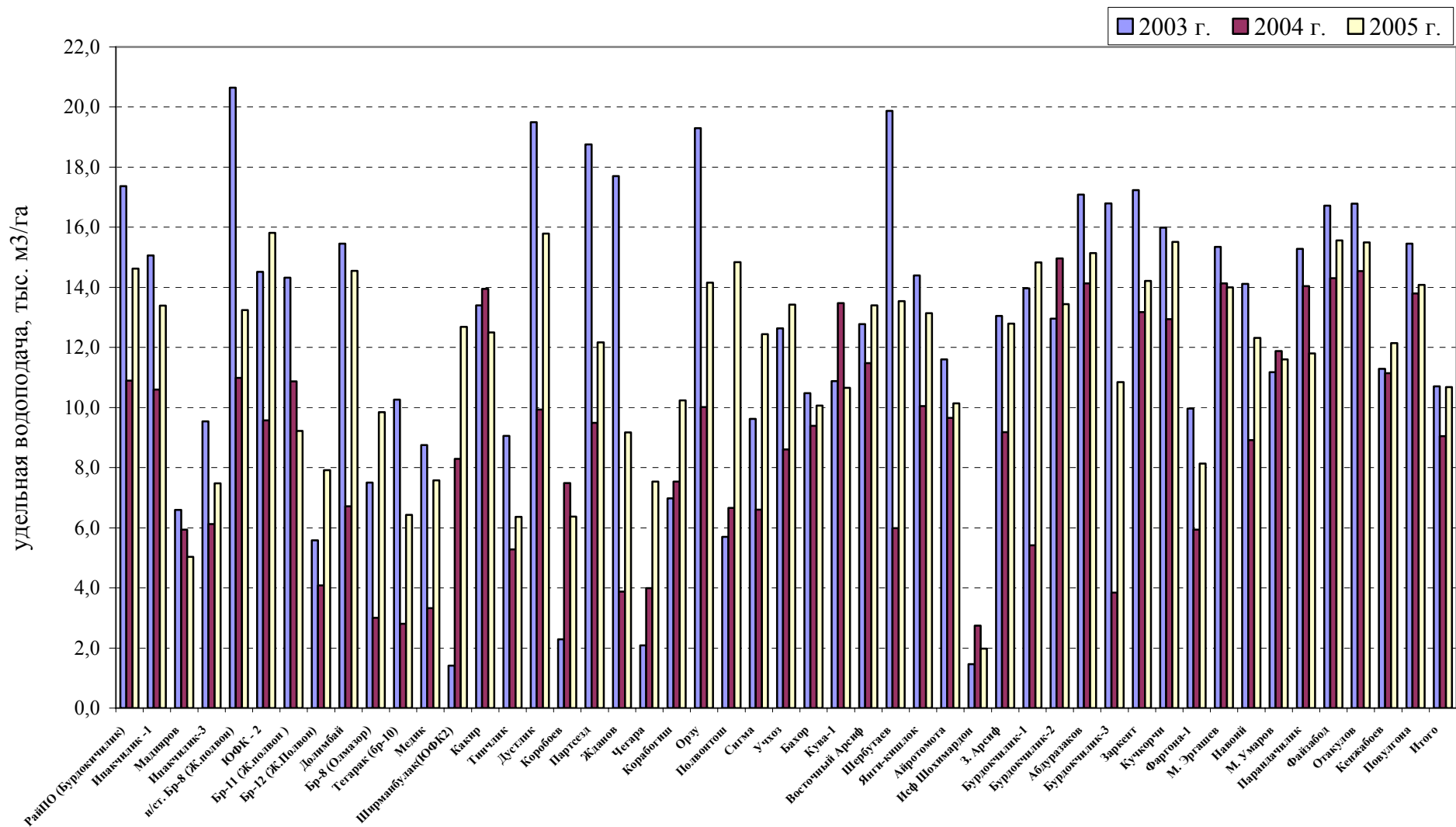


Рис.12. Удельная водоподача из ЮФК в разрезе насосных станций (вегетация)

Удельная водоподача из ЮФК посредством насосных станций  
(в разрезе балансовых участков)

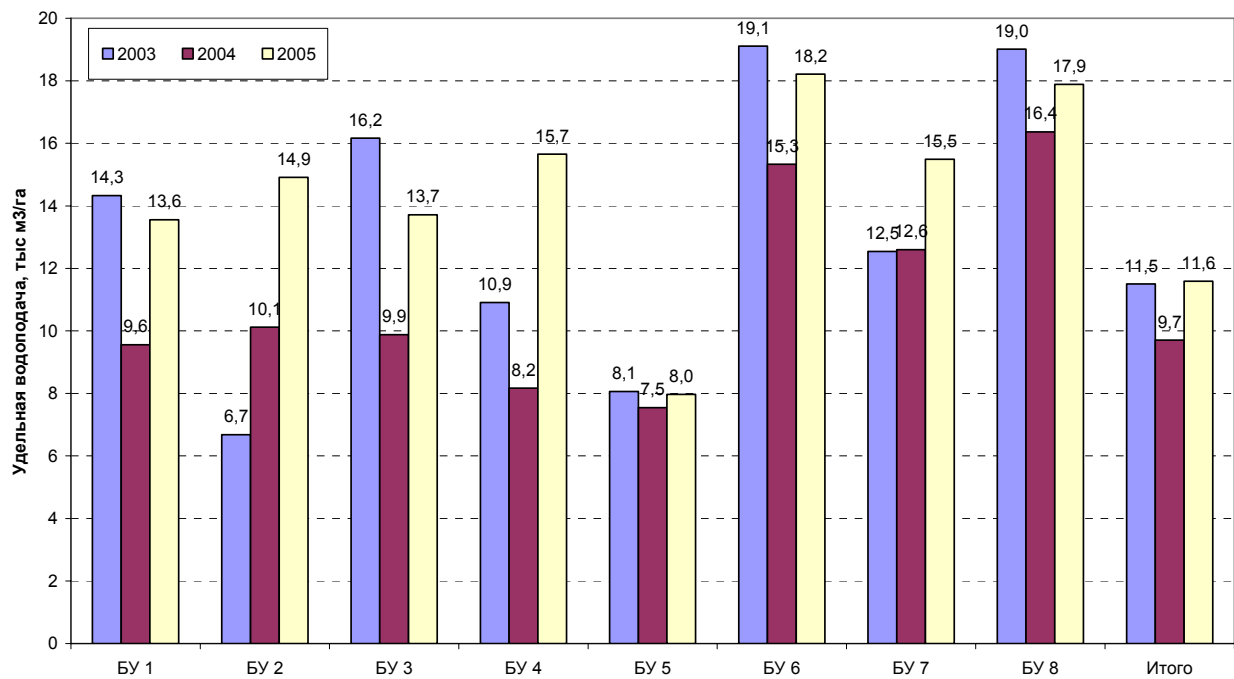


Рис. 13.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В данном руководстве рассмотрена система лишь основных технико-технологических и экономических показателей, отражающих разные аспекты процесса водораспределения на уровне пилотных каналов. В перспективе по мере развития БД и программного обеспечения, состав показателей должен расширяться.
2. В рамках проекта налажен расчет, главным образом, внутренних показателей. Для расчета внешних показателей необходима дополнительно информация об урожайности сельхозкультур, их ценах, затратах на эксплуатационные затраты и т.д.
3. Показатели водораспределения предназначены для разных групп людей:
  - водникам (для оценки эффективности их работы)
  - водопользователям (для оценки качества водных услуг, которые им оказываются)
  - научным работникам (для разработки новых показателей и исследования водных проблем);
4. Опыт расчета показателей показывает, что:
  - Эффективность использования показателей водораспределения зависит от достоверности и полноты исходной информации. Часто бывает трудно организовать сбор непротиворечивой, достоверной и значимой информации, которая показывает, насколько качество функционирования способствует достижению поставленной цели. Поэтому наиболее актуальной является организация системы сбора достоверных данных (особенно для расчета внешних показателей).
  - Показатели водораспределения являются эффективным инструментом поиска ошибок в исходной информации. Предметом критического анализа должны быть в первую очередь резко выделяющиеся значения показателей.
  - В силу не достаточной точности плановой и фактической информации, реальная картина качества управления водой нередко искажается в ту или иную сторону. То есть реальная картина может быть или приукрашена, или, наоборот, показана в еще худшем свете, чем есть на самом деле.
  - В принципе максимальное значение КПД должно быть равно 1. Однако в практике водораспределения, в силу того, что рассредоточенный приток воды в ПК учесть очень сложно имеют место случаи, когда КПД больше 1.
  - В практике водораспределения, из-за отсутствия или слабости внутрихозяйственного водоучета, такая информация, как правило, отсутствует, а если она есть, то достоверность ее низкая. Поэтому, обычно, пользуются показателем «удельная водоподача «на комплексный гектар»».
  - Показатели лучше всего использовать, когда они сгруппированы «в пакет», поскольку сочетание показателей дает более наглядное представление о «сюжете в целом», который необходимо учесть в ИУВР. Выбор должного их сочетания будет зависеть от местных условий.

5. В процессе анализа водораспределения необходимо постоянно искать ответы на следующие вопросы:
  3. «Делаю ли я все правильно?»;
  4. «Правильно ли вообще то, что я делаю?»;
6. Ответ на первый вопрос дают внутренние показатели, а ответ на второй вопрос дают внешние показатели.
7. Отвечая на первый вопрос, вы оцениваете качество управления водой, а, отвечая на второй вопрос, вы оцениваете качество руководства водой.
8. Расчет и анализ показателей – это непростая задача; необходимы как внутренние, так и внешние показатели; показатели должны постоянно совершенствоваться и, в конечном счете, способствовать принятию решений, направленных на повышение продуктивности воды.
9. Важное значение для повышения качества управления водой имеет доступность информации. В практике водораспределения ЦАР доступ к водной информации очень ограничен для водопользователей и научных сотрудников.
10. Не смотря на свои недостатки (слабая достоверность и неоперативность поступления исходных данных) показатели в рамках проекта становятся важным инструментом формирования осведомленности водопользователей, без чего общественное участие не может быть эффективным, а без общественного участия, в свою очередь, невозможно повысить достоверность информации.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Совместное использование знаний для справедливого, действенного и устойчивого управления водными ресурсами. Инструментальный Ящик ИУВР. Версия 2. ГВП.
2. Лактаев Н.Т. «Полив хлопчатника», М., «Колос», 1978, с. 163-166.
3. Макин Я. Оценка производительности ирригации. Новый путь в бизнесе? Презентация доклада.
4. Введение. Оценка эффективности работы: цели и средства. Проект. ИВМИ.
5. Багров М.Н., Кружилин И.П. Оросительные системы и их эксплуатация. М., «Колос», 1973, с. 115.
6. Чарльз М. Берт, Стюарт В. Стайлз. Современные методы контроля и управления водными ресурсами в ирригации: влияние на функционирование. В сб. «Совершенствование орошаемого земледелия в Центральной Азии». Ташкент, НИЦ МКВК, 2001.