

Во-вторых, удлинение периода осреднения для подсчета нормы стока не приводит к сколько-нибудь значимому уточнению нормы стока.

В-третьих, наличие циклических колебаний годового стока р. Нарын различной периодичности. Наиболее ярко выражены циклы периодичностью 5, 10, 16, 30 и 60 лет.

В-четвертых, и это наиболее важный вывод, за истекшее столетие колебания годового стока реки Нарын в рассматриваемом створе происходили в пределах своих среднемноголетних значений.

### **Литература**

1. Основные гидрологические характеристики том 14, вып. 1 Гидрометеоздат 1967, 1974, 1978г.г.
2. В.Л. Шульц Реки Средней Азии, Гидрометеоздат 1965г.
3. Лучшева А.А. Практическая гидрология, Гидрометеоздат 1976г.
4. Метеорология и гидрология, №9, 1992г., Гидрометеоздат
5. Динамика водных ресурсов Иссык-кульской котловины в связи с глобальным потеплением климата ИВПР и ГЭ НАН КР, 1996г.

## **СЕКЦИЯ II. ТЕХНИЧЕСКОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

### **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМИ ВОДОХРАНИЛИЩНЫМИ ГИДРОУЗЛАМИ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ**

**А.Г. Сорокин, Л.А. Аверина**

**Научно-информационный центр МКВК**

### **Введение**

Один из характерных примеров комплексного ирригационно-энергетического управления – работа Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ. Как эффективно им управлять в интересах всех стран региона и отраслей? Договорится между государствами и зафиксировать режим Токтогульского гидроузла – не решение проблемы. Важно поставить вопрос о необходимости создания экономического механизма взаиморасчетов между государствами, учесть интересы каждой стороны (а не только заинтересованность Кыргызстана в оказании услуг по регулированию стока). Здесь могут быть обсуждены принципы долевого распределения эксплуатационных затрат, необходимость создания водно-энергетического Консорциума, отказ от бартерного обмена водно-энергетических ресурсов, ввод цены регулирования и др.

### **Анализ ситуации**

Расстановка приоритетов при решении водно-энергетических проблем (рассмотрим их на примере бассейна Сырдарья) совместного использования трансграничного стока секторами экономики и самими странами требует тщательного анализа ситуации. Существующие в настоящее время экономические механизмы в управлении водно-энергетическими ресурсами не могут обеспечить надежное бесперебойное энерго- и водоснабжение всех потребителей бассейна. В тоже время, как показывает анализ, сотрудничество и поиск компромиссов в равной степени необходим и выгоден всем странам.

Приведем некоторые показатели энергетического баланса Кыргызстана на современном уровне (2000 г.) и о в ближайшей перспективе (2004-2006 гг.) [Подкомпонент А1. Национальный отчет № 2 Кыргызской Республики, 2002]. Фактическое потребление электроэнергии в Кыргызстане в 2000 году

составило 11.4 млрд.кВт.ч, а выработка – 14.3 млрд.кВт.ч, то есть на 2.9 млрд.кВт.ч больше. В том числе за счет Нарынских ГЭС выработано 12.9 млрд.кВт.ч. При этом экспорт составил 2.49 млрд.кВт.ч. Только с января по апрель из Токтогульского водохранилища было сработано 3.5 км<sup>3</sup>. Сравним данные цифры с ожидаемыми в перспективе. К 2004-2006 годам потребность в электроэнергии Кыргызстана не изменится (11.4 млрд.кВт.ч), а вот выработка на Нарынском каскаде ГЭС будет снижена: к 2004 году до 10.06 млрд.кВт.ч, а к 2006 году до 9.46 млрд.кВт.ч, при этом экспорт электроэнергии прекратится. Незначительно должна вырасти выработка на ТЭЦ (с 1.17 до 1.67 млрд.кВт.ч). Спрашивается, каким образом предполагается удовлетворять требования уже ближайшей перспективы? Наши расчеты показывают – только если перевести режим Токтогула на чисто энергетический режим, при котором попуски в вегетацию не будут превышать 3,5 км<sup>3</sup> воды!! (что ниже бытового среднемноголетнего стока на 5,5 км<sup>3</sup>). Такой вариант представляется мало вероятным, но должен быть рассмотрен всеми странами бассейна как экстремальный случай, приводящий к максимальным ущербам у стран расположенных ниже Токтогула.

Видимо понимая возможное обострение ситуации в вопросах межгосударственного вододелия Кыргызстан предусматривает в ближайшей перспективе (до 2005 года) заключить с сопредельными странами соглашения по долевого участию государств-водопользователей в расходах на содержание и эксплуатацию водных объектов межгосударственного значения при временном сохранении существующих условий водопользования (плата за воду не начисляется). В дальнейшем предполагается перейти к рыночным межгосударственным отношениям, с получением Кыргызстаном прибыли от предоставления услуг. В сегодняшней же ситуации Казахстан и Узбекистан практически платят Кыргызстану за не нанесение ущерба народам среднего и нижнего течения р. Сырдарья и экосистеме Приаралья.

Существующие соглашения включают сложные, особенно для Казахстана, условия по приему Кыргызской электроэнергии. Южный регион Казахстана не в состоянии потреблять определенный соглашениями объем электроэнергии. В северном регионе кыргызская электроэнергия не конкурентоспособна. В результате фактические объемы приема электроэнергии и встречных поставок топлива (уголь, мазут) не соответствуют соглашениям и в вегетационный период Казахстан недополучает воду. Выходом из подобной ситуации по мнению экспертов их Казахстана [Подкомпонент А1. Национальный отчет № 2 Казахстана, 2002] могло бы стать изменение тарифной политики со стороны Кыргызстана.

В этой связи следует упомянуть предложения А.Т.Асанбекова, Д.М.Маматканова и др. [Экономический механизм управления трансграничными водными ресурсами и основные положения стратегии межгосударственного вододелия. Международный институт гор. Бишкек, 2000.] по тарифной политике водообеспечения в Кыргызстане. Предлагается подход к решению проблемы долевого участия сопредельных государств в возмещении эксплуатационных затрат комплексных водохранилищ межгосударственного значения. При этом, делается вывод о существовании упущенных выгод Кыргызстаном и предлагаются методические основы для их возмещения через введение межгосударственных тарифов на воду, передаваемую в сопредельные государства. Авторы считают, что механизм платного водопользования необходимо внедрять как внутри республики, так и при подаче воды сопредельным государствам, а переход от “бартерных соглашений” к финансовым расчетам за передаваемую воду значительно упростит заключение договоров между государствами. Сама идея ввода цены за регулирование стока заслуживает внимания, однако методика ее расчета настораживает, поскольку базируется на затратно-нормативном принципе формирования ежегодных эксплуатационных издержек водохозяйственных организаций (предлагается решить проблему нехватки бюджетных средств управленческих структур Кыргызстана). При этом, помимо затрат на эксплуатацию ирригационные потребители (в лице соседних государств) должны, по мнению авторов, ежегодно компенсировать Кыргызстану ущерб в объеме 123.5 млн.долл США. При этом утверждается, что Кыргызстан имеет право использовать 50% стока, формируемого в бассейне р.Нарын и сбрасывать этот объем в зимний период, увеличивая зимнюю выработку электроэнергии на Токтогульской ГЭС.

Предлагаемые нами подходы к распределению эксплуатационных затрат на гидроузле комплексного назначения принципиально отличаются от подхода Кыргызстана и не содержат спорных предпосылок. Упор делается на интегрированное управление, которое нацелено на конкретного пользователя, сектора экономики, государства, бассейн в целом, и которое должно помочь ответить на вопросы: как лучше (эффективнее, разумнее, справедливее) использовать воду и гидроэлектроэнергию, какие негативные последствия можно предупредить, как избежать конфликта между потребителями, найти компромисс. Отказ от кооперации и стремление любыми средствами к водно-энергетической независимости (как показывают наши расчеты) может привести к ситуации, когда предпочтение (в

ущерб собственной экономики и экологии) будет отдано менее эффективным решениям. Отсюда - начатый диалог между государствами должен быть продолжен, на взаимовыгодной, экономической основе.

### Экономические альтернативы

Рассмотрим несколько альтернатив. Первая - попуски из водохранилищ межгосударственного значения, равно как и поставки топливно-энергетических ресурсов не должны основываться на бартере, а должны подкрепляться валютными взаиморасчетами на основе функционирования структуры “государство – банк”. Для этого предлагается согласовать между государствами цену продажи электроэнергии и топлива и механизм банковских операций. При отказе от бартера цена продажи электроэнергии Узбекистану и Казахстану (и соответственно стоимость поставок) должна покрывать возможный ущерб в энергетике и соответствовать затратам Кыргызстана на покупку компенсационных топливно-энергетических ресурсов (исходя из существующих цен). Данное предложение может повысить оперативность выполнения принимаемых решений (договоренностей), если должным образом будут организованы валютные взаиморасчеты и осуществлен финансовый контроль.

Вторая альтернатива – введение платы за регулирование стока. При этом возникает, как минимум, два вопроса, требующих согласования: как определить цену регулирования и за какой объем ресурса должны платить соседние государства, расположенные ниже по течению реки. По нашему мнению цена регулирования может представлять собой: (1) величину удельных эксплуатационных затрат на гидроузле, приходящихся на единицу объема регулирования стока, (2) величину удельных эксплуатационных затрат на гидроузле в сумме с “упущенной энергетической выгодой”, приходящихся на единицу объема регулирования стока. Как вариант, годовые издержки можно относить не на объем регулирования а на объем притока воды к водохранилищу и объем сработки многолетних запасов воды водохранилища.

Необходимо различать: (1) Перспективные гидроузлы межгосударственного значения. Участие соседних стран в финансировании и совместной эксплуатации этих гидроузлов. В этом случае плата за регулирование не вводится. (2) Существующие комплексные гидроузлы и принятые по ним соглашения. Плата за регулирование вводится.

Для достижения консенсуса между странами, исходя из сложившейся ситуации, следует отказаться от претензий друг к другу и разработать на настоящем этапе правила (принципы) совместных действий. Например, можно оговорить, что не всякое нарушение бытового стока, приводящее к ущербу у нижних водопользователей, должно компенсироваться той стороной, которая привела к ущербу. В этой связи, можно согласиться оплачивать часть затрат по регулированию стока, если ирригационные попуски превышают энергетические (а не бытовой сток). Другой вариант – оплата попусков, осуществляемых *сверх бытового стока*. В свою очередь, государство, регулирующее сток и имеющее энергетические интересы, должно согласиться на изменение своего энергетического режима в интересах орошаемого земледелия и экологии нижерасположенных государств, не настаивая на компенсации ущербов, вызванных затоплением земель водохранилищем и др.

Ниже приводится алгоритм расчета цены регулирования, учитывающий “упущенную энергетическую выгоду”, в предположении принятия условия оплаты ирригационными потребителями части затрат по регулированию стока комплексным гидроузлом сверх энергетических попусков. Расчетами определяется цена водных ресурсов, сбрасываемых в нижний бьеф гидроузла и накопленных в водохранилище к концу расчетного периода. Рассмотрены два варианта: (1) при затратах отнесенных на объем регулирования, (2) при затратах, отнесенных на объем притока к водохранилищу + сработка многолетнего запаса. Исходная информация для расчета цены регулирования собирается следующая:

- Приток воды к гидроузлу за расчетный период  $W_{into}$ , млн.м<sup>3</sup>
- Попуск воды из гидроузла за расчетный период  $W_{out}$ , млн.м<sup>3</sup>
- Энергетические попуск за расчетный период  $W_p$ , млн.м<sup>3</sup>
- Ирригационный попуск  $W_{ir}$ , млн.м<sup>3</sup>
- Объем воды в водохранилище на начало  $V_1$  и конец  $V_2$  расчета, млн.м<sup>3</sup>
- Зависимость напора на ГЭС от объема воды в водохранилище  $H=f(V)$
- Ежегодные издержки гидроузла на эксплуатацию, ремонт и амортизацию  $C$ , в том числе, отнесенные на ГЭС  $Ch$ , млн \$
- Цена реализации электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС  $Ph$ , \$/кВт.ч

По первому варианту сначала рассчитывается объем регулирования стока

$$W = W_{\text{into}} - W_{\text{out}}, \text{ млн.м}^3 \quad (1)$$

Далее - определяется не энергетическая составляющая цены регулирования

$$Ц_i = (C - C_h) / |W|, \$/\text{м}^3 \quad (2)$$

Рассчитывается выработка на ГЭС сверх энергетических нужд

$$G = f(W_{\text{ir}} - W_p, H), \text{ млн. кВт.ч} \quad (3)$$

Рассчитывается удельная выработка сверх энергетических нужд

$$P = G / (W_{\text{ir}} - W_p), \text{ кВт.ч}/\text{м}^3 \quad (4)$$

Определяется энергетическая составляющая цены регулирования

$$Ц_h = P_h * P, \$/\text{м}^3 \quad (5)$$

И, наконец, цена регулирования

$$Ц = Ц_i + Ц_h, \$/\text{м}^3 \quad (6)$$

Порядок расчета по второму варианту следующий. Рассчитывается объем сработки водохранилища

Если

$$(W_{\text{into}} - W_{\text{out}}) < 0, \text{ то } V_{\text{out}} = |W_{\text{into}} - W_{\text{out}}|,$$

Если

$$(W_{\text{into}} - W_{\text{out}}) \geq 0, \text{ то } V_{\text{out}} = 0 \quad (7)$$

Определяется не энергетическая составляющая цены регулирования

$$Ц_i = (C - C_h) / |W_{\text{into}} + V_{\text{out}}|, \$/\text{м}^3 \quad (8)$$

Далее тоже, что и по первому варианту.

Условия разделения и покрытия эксплуатационных затрат на комплексном гидроузле межгосударственного значения, равно как и распределение доходов, включают: (1) совместное финансирование строительства гидроузла, (2) совместную эксплуатацию при согласованных режимах работы гидроузла.

При этом можно основываться на следующих принципах распределения эксплуатационных затрат: (1) пропорционально объемам используемого стока, (2) пропорционально получаемым доходам от использования зарегулированного водохранилищем стока, (3) пропорционально объемам и цене регулирования.

В этом направлении НИЦ МКВК были подготовлены и разосланы всем заинтересованным организациям предложения - проект методических указаний по распределению затрат при эксплуатации гидроузлов комплексного назначения на трансграничных реках. Были получены замечания, по которым внесены дополнения и коррективы. Приведем алгоритм расчета.

Годовые затраты  $C$  (млн.\$) на регулирование стока комплексным гидроузлом ирригационно-энергетического назначения распределяются между ирригацией и гидроэнергетикой (между одним и другим государством или группами государств) следующим образом:

$$C_{\text{эн}} = C * P_{\text{эн}} / 100, \quad C_{\text{ир}} = C * P_{\text{ир}} / 100 \quad (9)$$

Где:  $P_{ир}$ ,  $P_{эн}$  - процентное распределение затрат между потребителями - ирригацией и энергетикой (%). Для того, чтобы определить значения  $P_{ир}$ ,  $P_{эн}$  необходимо иметь: (1) режим работы гидроузла (приток, наполнение, сработка, динамика уровней воды в водохранилище), (2) требования к попускам воды из водохранилища и уровням воды в водохранилище со стороны потребителей (ирригация, энергетика), (3) эксплуатационные затраты на гидроузле.

Порядок расчета следующий: (1) Попуск воды из водохранилища распределяется по составляющим – для энергетических, ирригационных требований и совместного использования, (2) Определяется стоимость воды, которая сбрасывается из водохранилища и формируется за счет текущих эксплуатационных затрат на гидроузле (цена регулирования) и затрат предыдущих лет (многолетняя составляющая цены), (3) Определяется процентное распределение затрат между потребителями - ирригацией и энергетикой, (4) По зависимостям [10,11] эксплуатационные затраты распределяются между потребителями.

Введем обозначения:

$W_{пр}$ ,  $W_{от}$  - годовые объемы притока воды в водохранилище и объемы оттока воды из водохранилища (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{прi}$ ,  $W_{оти}$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{нап}$ ,  $W_{ср}$  - объемы наполнения и сработки водохранилища - суммы месячных значений за год (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{напи}$ ,  $W_{сри}$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{от.ир}$  - объем сработки из водохранилища за год для ирригационных целей (млн.м<sup>3</sup>),

$W_{от.ирi}$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{от.эн}$  - объем сработки из водохранилища для энергетических целей (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{от.эни}$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{от.ир-эн}$  - объем сработки из водохранилища для ирригационно- энергетических целей (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{от.ир-эни}$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{пот}$  - объем потерь воды в водохранилище за год (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{потi}$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $V_{нач}$ ,  $V_{кон}$  - объемы воды в водохранилище в начале и в конце года (млн. м<sup>3</sup>),  $V_{начi}$ ,  $V_{конi}$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{рег}$  - объем регулирования стока водохранилищем за год, может быть положительной (при наполнении водохранилища) или отрицательной (при сработке) величиной (млн.м<sup>3</sup>),  $\Delta W_i$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W^+$ ,  $W^-$  - объемы наполнения и сработки водохранилища за год, положительные величины (млн.м<sup>3</sup>),  $W_i^+$ ,  $W_i^-$  - тоже для  $i$  – го месяца (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{от.эн.тр}$  - требуемый объем сработки из водохранилища для энергетических целей (млн.м<sup>3</sup>),  $W_{от.ир.тр}$  - тоже для ирригационных целей (млн.м<sup>3</sup>),  $C$  - эксплуатационные затраты гидроузла за год (млн.\$),  $Ц_{пр}$ ,  $Ц_{от}$  - средние за год цены воды, поступающей в водохранилище и сбрасываемой из водохранилища (\$/м<sup>3</sup>),  $Ц_{нач}$ ,  $Ц_{кон}$  - цены на воду, которая аккумулируется в начале и в конце года в водохранилище – многолетняя составляющая (\$/м<sup>3</sup>),

$Ц$  - средняя за год цена воды, которая формируется за счет текущих годовых издержек на гидроузле (\$/м<sup>3</sup>).  $Ц^*$ ,  $Ц_i$ ,  $Ц_n$  - цена регулирования учитывающая “упущенную выгоду” энергетического сектора и ее ирригационная и энергетическая составляющие (\$/м<sup>3</sup>).  $Ph$  - цена реализации электроэнергии вырабатываемой на ГЭС /кВт.ч).  $P$  - удельная выработка на ГЭС сверх энергетических нужд (кВт.ч/м<sup>3</sup>).

Режим работы водохранилища характеризуется следующей системой уравнений.

$$\Delta W_i = W_{прi} - W_{оти} \quad (10)$$

$$W_{пр} = \sum_1^{12} W_{пр} \quad (11)$$

$$W_{от} = \sum_1^{12} W_{оти} \quad (12)$$

$$W_i^+ = \max |0, \Delta W_i|, \quad W_i^- = \min |0, \Delta W_i| \quad (13)$$

$$W^+ = \sum_1^{12} W_i^+ \quad (14)$$

$$W^- = \sum_1^{12} W_i^- \quad (15)$$

$$W_{рег} = W^+ - W^-, \quad W_{нап} = \max |0, W_{рег}|, \quad W_{ср} = \min |0, W_{рег}| \quad (16)$$

$$V_{\text{кон}i} = V_{\text{нач}i} - \Delta W_i - W_{\text{пот}i}, \quad V_{\text{нач}(i+1)} = V_{\text{кон}i}, \quad V_{\text{нач}} = V_{\text{нач}(i=1)} \quad (17)$$

$$V_{\text{кон}} = V_{\text{кон}(i=12)} \quad (18)$$

$$W_{\text{пот}} = \sum_1^{12} W_{\text{пот}i} \quad (19)$$

Для вегетационного периода можно записать:

$$W_{\text{от.ир}} > W_{\text{от.эн}}, \quad W_{\text{от}} = W_{\text{от.ир}}, \quad W_{\text{от.ир-эн}} = W_{\text{от.эн}} \quad (20)$$

Для межвегетационного периода:

$$W_{\text{от.ир}} < W_{\text{от.эн}}, \quad W_{\text{от}} = W_{\text{от.эн}}, \quad W_{\text{от.ир-эн}} = W_{\text{от.ир}} \quad (21)$$

Используется следующей системе уравнений.

$$W_{\text{пр}} * (\Pi_{\text{пр}} + \Pi) - W_{\text{от}} * \Pi_{\text{от}} = V_{\text{кон}} * \Pi_{\text{кон}} - V_{\text{нач}} * \Pi_{\text{нач}} \quad (22)$$

$$V_{\text{кон}} = V_{\text{нач}} + W_{\text{пр}} - W_{\text{пот}} - W_{\text{от}} \quad (23)$$

$$V_{\text{кон}} = V_{\text{нач}} - W_{\text{нап}} + W_{\text{ср}} \quad (24)$$

$$\Pi_{\text{от}} = \Pi_{\text{кон}}, \quad \Pi = C/(W_{\text{пр}} + W_{\text{ср}}) \quad (25)$$

Эксплуатационные затраты  $C$  относят на объем притока водных ресурсов к гидроузлу  $W_{\text{пр}}$  и объем сработки многолетних запасов воды в водохранилище  $W_{\text{ср}}$ , или иначе – суммарный объем оттока воды из водохранилища и наполнения воды в водохранилище. Система уравнений решается относительно  $\Pi_{\text{от}}$  (или  $\Pi_{\text{кон}}$ ) при известных значениях  $\Pi_{\text{пр}}$  и  $\Pi_{\text{нач}}$ . Для следующего  $(i+1)$ -го по течению реки (каскаду) водохранилища принимается, что:

$$\Pi_{\text{пр}(i+1)} = \Pi_{\text{от}(i)} \quad (26)$$

Корректировка цены регулирования с учетом “упущенной выгоды” энергетического сектора осуществляется следующим образом:

$$\Pi^* = \Pi_i + \Pi_h, \quad \Pi_i = \Pi * C_{\text{ир}}/C, \quad \Pi_h = Ph * P \quad (27)$$

Следует заметить, что по цене  $\Pi^*$  оплачивается только часть попуска, сбрасываемого сверх энергетических нужд. По выполненным для гидрологического 1999-2000 года расчетам цена регулирования стока в Токтогульском гидроузлом составляет  $0.0025 \text{ \$/м}^3$ , а откорректированная с учетом “упущенной выгоды” энергетического сектора -  $0.02 \text{ \$/м}^3$ . По данной цене должен отпускаться ирригационный вегетационный попуск из гидроузла, осуществляемый сверх энергетических нужд. Аналогично можно рассчитать случай оплаты попусков, осуществляемых сверх бытового стока в ирригационном режиме. Для Токтогульского гидроузла данный попуск для среднего и выше по водности года отсутствует.

Вниз по течению реки Сырдарьи цена водных ресурсов за счет регулирования изменяется не значительно, поскольку годовые издержки Кайракумского гидроузла оцениваются всего в 9.7%, а издержки Чардаринского водохранилища 7.8% от затрат Токтогульского гидроузла. Суммарные годовые издержки Андижанского и Чарвакского гидроузлов оцениваются в размере 85% от затрат Токтогульского гидроузла. Выполненные расчеты показывают, что в нижнем бьефе Каракумского гидроузла цена увеличилась на 10%, в нижнем бьефе Чардаринского гидроузла на 20% от стоимости воды в створе Токтогульского гидроузла.

Покупка ирригационных попусков Узбекистаном и Казахстаном по цене регулирования с учетом упущенной выгоды энергетиков дает им право распоряжаться вырабатываемой на этих попусках электроэнергией.

### **Консорциум**

Другой подход налаживания сотрудничества по использованию водно-энергетических ресурсов – это создание дополнительного финансового механизма, гарантирующего соблюдение принятых договоренностей по водным и топливно-энергетическим ресурсам (устойчивый топливно-энергетический обмен), с учетом представляемых лимитов, который объединит все действующие стороны и заинтересует всех участников, создав для них выгодные условия сотрудничества на основе рыночных отношений. Таким механизмом может стать водно-энергетический Консорциум, имеющий полномочия в назначении цен, оценке доходов и ущербов, а также в проведении банковских операций (покупка-продажа и др.) и организации поставок.

Структура Консорциума должна быть максимально простой. Такие организации как МКВК, БВО “Сырдарья”, ОДЦ “Энергия” должны только как внешние факторы ограничивать деятельность Консорциума в одних направлениях и поощрять в других. Для обеспечения надежности функционирования Консорциума целесообразнее создать его с образованием юридического лица в виде АО, где учредителями выступают государства региона. При этом они должны определить лимиты ежегодных перетоков и поставок, в том числе в стоимостном выражении, и взять на себя обязательства по формированию минимально необходимого стартового капитала. Членами консорциума могли бы выступать субъекты сельскохозяйственного и топливно-энергетического комплекса, заинтересованные в получении гарантированной выгоды от устойчивого управления водно-энергетическими ресурсами.

В настоящее время Кыргызэнерго монополично диктует цены на электроэнергию в летнее время, но проигрывает от затрат на покупку топливно-энергетических ресурсов. Эта разница составила в среднем за 1995-2000 годы 128 млн. \$ в год, в то время как расчетная выгода в случае согласованного оптимального режима составила бы на 15 млн. \$ меньше. Однако уже сейчас в многоводные годы, когда не добирается до 0,7 млрд. км<sup>3</sup> воды, доход уменьшается до 100 млн. долларов. В дальнейшем при завершении строительства Резаксайского и других водохранилищ эта выгода у Кыргызстана упадет до 60 млн. долларов. У энергетиков Кыргызстана уже сложилось понимание этого уменьшения прибыли, поэтому возникает необходимость и им участвовать в таком Консорциуме с позиций устойчивости своих пусть уменьшаемых, но постоянных прибылей.

Покрытие расходов Консорциума должно осуществляться за счет взносов его членов-учредителей и выплаты штрафов участниками, срывающими принятые обязательства по соблюдению согласованных водно-энергетических режимов, объемов и графиков поставок ресурсов между государствами.

### **Заключение**

Основными принципами рационального водно-энергетического управления водохранилищными гидроузлами комплексного назначения следует признать: (1) Ориентацию на региональную кооперацию и применение методов интегрированного управления, (2) Эффективное разделение функций пользователей и потребителей (гидроэнергетика, орошаемое земледелие), (3) Внедрение в управление экономических (стоимостных) механизмов, учитывающих все затраты и “упущенные выгоды”, ввод цены за регулирование стока, (4) Создание механизма, гарантирующего соблюдение принятых договоренностей по водным и топливно-энергетическим ресурсам (водно-энергетический консорциум), (5) Участие заинтересованных государств в финансировании и совместной эксплуатации гидроузлов межгосударственного значения, (6) Обеспечение участия в управлении всех заинтересованных лиц.

Решения по управлению водно-энергетическими ресурсами должны учитывать общую заинтересованности государств в прибылях от использования стока и основываться на консенсусе между государствами и отраслями экономики.

Остаются открытыми ряд вопросов по которым ведутся дискуссии. Вот некоторые из них. Что должно приниматься за основу при оценке объемов компенсационных топливно-энергетических поставок Кыргызстану – избытки летней электроэнергии, нехватка зимней электроэнергии, объем продаваемой электроэнергии (как договорятся)? Правомерно ли вводить цену за регулирование и определять ее, учитывая не только эксплуатационные издержки, но и “упущенную выгоду” при переходе Токтогульского гидроузла на ирригационный режим? За какой объем должны платить Кыргызстану соседние государства при вводе цены за регулирование – за часть зарегулированного стока, иррига-

ционные попуски сверх энергетических требований (для среднего года – 2...2.5 км<sup>3</sup>), только за попуски, превышающие бытовой (естественный) сток?

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАСЕЙНА СЫРДАРЬИ**

**Н.Р. Рахматов**

### **Бассейновое водохозяйственное объединение «Сырдарья»**

Сырдарья образуется путем слияния Нарына и Карадарьи в Ферганской долине. Среднегодовой сток бассейна Сырдарья равен 38,8 куб. км при вероятности многоводных и маловодных лет (5% и 95% вероятности) сток составляет 54 и 21 куб.км соответственно. Водные ресурсы Сырдарьи формируются за счет таяния снегов и ледников. Около 80% стока формируется в период с марта по сентябрь.

На протяжении веков народы, населяющие территории бассейна реки Сырдарья, традиционно занимались земледелием, для обеспечения нужд которого создавались системы орошения небольших масштабов. Эти системы, как правило, включали в свой состав водозабор из реки, магистральный канал небольшой протяженности и ряд отводов на поля. Эксплуатация их не наносила серьезного ущерба экологии, была достаточно эффективной, так как естественный режим формирования стока реки Сырдарья полностью совпадал с вегетационным режимом сельхозкультур.

В советский период традиционная система сменилась крупномасштабными водохозяйственными комплексами, планирование и управление работой которых осуществлялась централизованно. Начиная с 1939 года, была поставлена цель строительства инженерных водозаборов на реках Нарын, Карадарья и Сырдарья и сети каналов, соединяющих бассейны притоков Сырдарьи и одновременно выравнивающих водообеспеченность всех орошаемых земель. Были построены Большой Ферганский, Северный Ферганский, Большой Наманганский каналы, канал Савай, имени Ахунбабаева и др.

В результате проведенных работ площади орошаемых земель только в Ферганской долине составили в 2000 году 1375,9 тыс. га, или более чем в два раза превысили площади 1930 года (675 тыс.га). В связи с этим, начиная с 1970-х годов, естественный гидрологический режим рек перестал удовлетворять возросшие потребности орошения и назрела необходимость в регулировании стока. С этой целью в бассейне Сырдарьи была построена система водохранилищ: Токтогульское, Кайраккумское, Чардаринское, Чарвакское, Андижанское и другие водохранилища суммарным объемом 34,5 млрд. куб. м (полезная емкость всех водохранилищ 24,1 млрд. куб. м). Каскад водохранилищ, резко нарушив естественный режим реки Сырдарьи, в то же время дал возможность увеличить орошаемую площадь союзных республик Центрально-азиатского региона. Уже с середины 70-х годов при практически полной зарегулированности ( 93 % ) стока Сырдарьи начал появляться дефицит воды в маловодные года. Для оптимизации управления водохозяйственным сектором был разработан проект Автоматизированной системы управления водными ресурсами (АСУБ "Сырдарья") рек Нарын, Карадарья, Чирчик и Сырдарья с водохранилищами на них, крупными речными гидроузлами и водозаборными сооружениями.

Реализация первой очереди АСУБ "Сырдарья" началась с середины 80-х годов и прервана из-за распада СССР. По этому Проекту, в частности, было организован диспетчерский автоматизированный комплекс (ДАК) в г. Ташкенте и диспетчерские пункты в территориальных управлениях в гг. Андижане, Худжанде, Чирчике и гулистане. ДАК в 1987 году преобразован в Управление водными ресурсами р. Сырдарья (Упрводхоз "Сырдарья") с обязанностями контролировать водозаборы из реки бассейна в каналы республик. Упрводхоз должен был способствовать сокращению дефицита воды, возникавшего в то время в южных областях Республики Казахстан и устранению препятствий при прогоне воды в низовья Сырдарьи и Аральское море. Но эффективность действий Упрводхоза оказалась незначительной, т.к. часто контрольные функции при невозможности влиять на работу сооружения, находящихся в ведении союзных республик, не позволяло своевременно устранять обнаруженные недостатки. Поэтому в начале 1988 года с согласия всех республик региона создается Бассейновое водохозяйственное объединение "Сырдарья". В ведение БВО переданы 198 сооружений. Из них



21 водозаборное сооружение непосредственно расположено на основном стволе рек Нарын, Карадарья, Чирчик и Сырдарья (от Токтогула до Чардаринского водохранилища на протяжении 650 км) и 151 водозаборное сооружение на межреспубликанских каналах Дуслик и Большом Ферганском канале.

Объединение должно было эксплуатировать указанные сооружения, обеспечивать подачу воды государствам-водопотребителям в соответствии с утвержденными лимитами водозаборов, выполнять обоснование, разработку и реализацию режима работы Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ, а также прогон воды до Республики Казахстан или обеспечение известного объема притока к Чардаринскому водохранилищу. В первые же годы работы БВО "Сырдарья" сумело навести порядок в вододелении, лимитировании объемов забираемой воды и учете речных вод. В результате было отмечено заметное повышение эффективности управления трансграничными водными ресурсами бассейна, причем прежде всего вырос уровень оперативного управления водой речного бассейна, ритмичней стал функционировать Нарын-Сырдарьинский каскад водохранилищ. Республики-водопотребители регулярно получали предусмотренные лимитами водозаборов объемы воды. Стал обеспечиваться требуемый приток к Чардаринскому водохранилищу и благодаря принятым Объединением мерам уже в 1988-1989 годах были сокращены потери воды в размере около одного куб. км.

После распада Советского Союза 18 февраля 1992 г. было подписано Соглашение государств ЦА региона и создана Межгосударственная Координационная комиссия (МКВК), которая возложила на себя задачи управления водными ресурсами Аральского бассейна. БВО "Сырдарья" стало одним из исполнительных органов МКВК. Несмотря на это, в новых условиях образования независимых государств, вопросы рационального использования во всех отраслях экономики водно-энергетических ресурсов реки Сырдарья как это осуществлялось в рамках единого государства, значительно осложнились. Дело в том, что различия современных приоритетов экономического развития государств региона сформировали противоречия интересов относительно графика пропуска воды из Токтогульского водохранилища. Казахстан и Узбекистан заинтересованы в ирригационном режиме работы водохранилища. Кыргызстан и частично Таджикистан -- в энергетическом. В связи с этим, начиная с 1993 года, режим работы Токтогульского каскада трансформировался в направлении резкого усиления накопления воды летом и попусков в зимний период в интересах производства гидроэлектроэнергии Кыргызстаном. Например, попуски из Токтогульского водохранилища до 1991 года в среднем зимой составляли 3,53 куб. км, летом -- 7,93 куб. км. После 1992 года соответствующие значения составляют 7,59 и 5,73 куб. км.

К тому времени и БВО утратило часть своих полномочий: возможность устанавливать режим работы Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ; контролировать водозаборы в каналы, находящиеся на территории Кыргызстана (ЛНК, БНК, насосные станции на р. Нарын). Между республиками стали возникать трения и взаимные упреки в недопоставке воды в вегетационный период, особенно обостряющиеся в отдельные годы (1995, 1999, 2000). Это связано не только с маловодьем, но и с невыполнением межгосударственных соглашений о компенсационных поставках энергоносителей Кыргызстану. Естественно, что основной груз споров и противоречий лег на БВО "Сырдарья".

Для выхода из создавшегося положения усилия БВО "Сырдарья" были сосредоточены на модернизации инфраструктуры в направлении совершенствования средств водоучета и контроля (мониторинга), а также создания информационной базы управления на основе использования современных технологий.

Принятые меры по налаживанию водоучета привели к тому, что в 2001 году водозабор из ствола рек Нарын, Карадарья, Сырдарья и Чирчик контролируется по 430 пунктам, в том числе на балансе БВО находится 187, на контроле - 243, из которых 157 временные насосные установки и 49 стационарных насосных станций.

Принятые меры позволили значительно увеличить объем необходимой для управления информации, что, в свою очередь, потребовало расширения базы ее хранения и обработки. До 1991 года все поступающие сведения обрабатывались на электронно-вычислительной машине ЕС-1045, требовавшей для своего обслуживания и предварительной обработки данных больших затрат ручного труда и времени. С переходом в 1992 на использование персональных компьютеров появилась возможность не только сократить эти затраты, но и поднять процесс управления на новый качественный уровень.

Важным звеном управления вододелением в бассейне явилась разработанная и внедренная при поддержке ЮСАИД информационная база данных БВО "Сырдарья", содержащая полные сведения о наличии и использовании водных ресурсов за многолетний период. Основу информации в ней составляют фактические данные о ежедневных расходах и уровнях воды по всем гидротехническим сооружениям и объемах воды в водохранилищах Нарын-Сырдарьинского каскада. Естественный

приток к трем водохранилищам Нарын-Сырдарьинского каскада представлен по Токтогульскому водохранилищу начиная с 1911, Андижанскому с 1925 и Чарвакскому (по трем рекам) с 1932 года. Боковая приточность к стволу Сырдарьи и ее основным притокам учтена с 1948 года. Пополнение информации производится регулярно по мере поступления в центральную диспетчерскую БВО в Ташкенте оперативных данных, поступающих с мест в течение суток.

Структура Базы данных БВО "Сырдарья" представлена следующими основными блоками:

1. Нормативно-справочный блок включающий паспортные данные по сооружениям и каналам, нормативные данные и прогнозы притоков;
2. Диспетчерский блок с шифровым журналом сооружений, суточными данными о гидравлическом режиме объектов, справками о водозаборах, накопительной ведомостью, а также с функциями обработки многолетних данных и динамики их изменения.
3. Анализирующий блок для отслеживания выполнения лимитов водозаборов, водные балансы, составления прогнозов по управлению водными ресурсами;
4. Архивный блок, в котором хранится вся многолетняя информация по водозабору республиками.



База позволяет:

- отслеживать текущую информацию о водоподаче как в целом по республикам, так и по отдельным сооружениям и каналам, автоматически сопоставляя ее с установленными лимитами;
- в минимальные сроки производить расчеты локальных русловых и общих водохозяйственных балансов за любой интересующий интервал времени;
- оперативно выявлять причины невязки баланса и принимать соответствующие управляющие решения, по устранению отклонения графиков водоподачи;
- документировать получаемую информацию в табличном и графическом виде.

Следующим этапом совершенствования информационной системы стала разработка специальной программы Базы данных "Прогноз работы Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ" для расчетов работы водохранилищ на основе утвержденных лимитов и установленных ограничений. Для расчета прогноза достаточно задать начальные условия - год, период года, лимиты, выставить рекомендуемые данные и ограничения и затем, нажатием одной лишь кнопки, практически мгновенно получить интересующие результаты в форме таблицы или отчета.

Параллельно с совершенствованием информационно-аналитической системы осуществляется внедрение автоматизированных радиотелеметрических систем. При этом повышается оперативность вододеления и достигается более высокая точность водоподачи и оперативность водоучета по сравнению с применявшимися традиционными "ручными" методами. Учитывая, что, как правило, объек-

ты управления - гидроузлы и водовыпуски удалены на значительные расстояния от диспетчерских пунктов, что затрудняет управление ими, реализация этих проектов позволяет существенным образом улучшить качество и эффективность процесса вододеления между республиками. Кроме этого, водочет, основанный на современных электронных средствах получения, хранения и передачи информации практически исключает сомнения в правильности вододеления у специалистов водохозяйственных организаций - потребителей воды.

В последние 3 года при техническом содействии иностранных доноров оказана значительная помощь БВО "Сырдарья" по внедрению передовых мировых технологий в водное хозяйство. Автоматизированы головное сооружение каналов "Дустлик" (Канадская инженерная фирма УМА), ЮГК и Верхнечирчикский гидроузел (Американское Агентство ЮСАИД) и Учкурганский гидроузел (Швейцарское международное Агентство). Внедрение этих систем значительно облегчает труд эксплуатационного персонала в управлении затворами сооружений, регулировании уровней и расходов воды, а также способствует повышению точности водоучета как по данным гидропостов, так и по алгоритмам управления открытия затворов и напоров воды. В дальнейшем намечено автоматизировать Куйганьярский гидроузел, канал Хакулабад, БФК, БАК и другие, имеющие большое значение для Центрально-Азиатских республик.

Достоверный учет воды на каналах, реках, водозаборных сооружениях, крупных гидроузлах и трансграничных гидропостах является основой качественного управления водными ресурсами. Для его организации намечено оснастить современными средствами мониторинга и передачи гидрометрической информации в диспетчерские пункты на местах и в БВО "Сырдарья" по ряду гидротехнических сооружений и нескольким насосным станциям. Следует обратить внимание, что одна только замена оборудования как на трансграничных постах, так и на пунктах внутрисистемного водоучета решает только часть проблем. БВО "Сырдарья", являющееся по сути международной организацией фактически не имеет доступа к информации с гидрометрических трансграничных постов в реальном времени. Это, в свою очередь, не позволяет оперативно и эффективно управлять водными ресурсами. Поэтому первоочередными работами намечаются организация этого мониторинга в увязке с автоматизацией отдельных гидротехнических сооружений.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК**

**С.Р. Ибатуллин, Ж.С. Мустафаев, К.Б.Койбагарова**

**Таразский Государственный Университет им. Дулати**

### **Введение**

В последнее время рациональное использование водных ресурсов трансграничных рек Центральной Азии стало острой проблемой [1, 2]. В конце XX и начале XXI проблемы трансграничных рек приобретают особую актуальность не только с точки зрения сохранения и восстановления экологической системы и обеспечения отраслей народного хозяйства водными ресурсами, но и в первую очередь обеспечение безопасности населения на фоне интенсивного ухудшения качества транзитного стока. Развитие промышленности, сельского хозяйства и урбанизация, наряду с ростом численности населения государств Центральной Азии, закономерно обострили как количественную, так и качественную стороны этой проблемы и обусловили необходимость интенсификации деятельности, направленной на сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек, для предотвращения возможных кризисных ситуаций и обострения межнациональных отношений, являющихся следствием противоречивости требований компонентов водохозяйственной системы к единому водному источнику [3]:

- противоречивыми требованиями энергетики и ирригации к режиму речного стока, так как ирригация заинтересована в повышенных расходах воды в реке в вегетационный период, а энергетики в холодное время для повышенной выработки электроэнергии на ГЭС в период максимальных энергетических нагрузок;

- различием качества речной воды, используемой верховым и низовым потребителями, так как низовой водопотребитель заинтересован в максимально возможном предотвращении загрязнения речного стока верховым водопотребителем, в то время как последний – в использовании естественного водотока в качестве коллектора коммунально-промышленных стоков и возвратных вод с полей орошения;

- противоречия требованиями к количеству речного стока, используемому для водообеспечения населения и хозяйства экономически развитых районов бассейна и водообеспечения экосистем дельты и моря.

В бывшем СССР указанные межотраслевые противоречия в соответствии с идеологией административной экономики разрешались союзными органами, исходя из принципа безусловного достижения общегосударственных целей, руководствуясь критерием максимальной народнохозяйственной эффективности [3]. В новой геополитической обстановке в Центральной Азии, возникших после приобретения независимости Центрально-азиатские государства, узловые межотраслевые противоречия в использования водных ресурсов трансграничных рек приобрели характер межгосударственных конфликтов [3]:

- Кыргызстан (гидроэнергетикой) с одной стороны, и Узбекистан и Казахстан (ирригацией) – с другой;

- Узбекистан (верховым водопотребителем) с одной стороны, и Казахстаном (низовым водопотребителем) – с другой;

- Кыргызстаном и Узбекистаном (водообеспечением населения и хозяйства), с одной стороны, и Казахстаном (водообеспечением экосистем дельты и моря) – с другой.

Поэтому проблема использования водных ресурсов трансграничных рек, особенно Центральной Азии, требует разработки эколого-экономических принципов, стратегии и концепции межгосударственного вододелия, методологические механизмы их реализации, обеспечивающие сохранение и восстановление экологических условий бассейна рек, а также безопасность и права населения живущих веками.

История развития производственных сил государств Центральной Азии, основанной на командно-административной системе в период 1925-1990 годов, показывает, что их географическое размещение и темп роста, а также их экономический потенциал всегда был тесно связан с дешевыми и определенными запасами поверхностных вод [4, 5, 6].

При этом концепция вододелия между государствами Центральной Азии полностью исключала природоохранный транзитный сток трансграничных рек, обеспечивающий в низовьях рек экологическое равновесие и сохранение озерных систем. Весь объем свежей речной воды Центральной Азии был использован для развития орошаемого земледелия в горных и предгорных зонах, а водопотребители в низовьях реки, в связи с образованием дефицита водных ресурсов, в основном ограничивались использованием дренажных и сточных вод с низким качеством.

При использовании водных ресурсов Центральной Азии для развития производственных сил не был учтен режим амплитуды природных ритмов стока рек и уровня озер, что практически привело к гибели Аральского моря и критическому положению в его низовьях. Произошло это экологическое событие, когда человечество переходило через "запретную черту" использования водных ресурсов и полностью исключило озерные и экологические системы в низовьях реки из списка водопотребителей.

Экологический кризис, родившийся в XX веке в Центральной Азии - это кризис естественнонаучного мировоззрения, появившийся на основе глубокого рассогласования позиций государственных деятелей и научных работников продолжающийся на пороге XXI века. Речь идет о новом самоопределении человечества ради сохранения экологического равновесия при использовании природных ресурсов, так как человек стал не только крупнейшей геологической силой на планете [9], но стал одновременно творцом самого себя и своей среды обитания [1].

### **Методологические основы, экологические и экономические аспекты вододелия трансграничных рек**

При решении вопросов межгосударственного распределения водных ресурсов известный интерес может представлять международная практика регулирования использования пограничных рек, включая реки, которые начинаются в одной стране и текут по территории другой страны. Наиболее известно Хельсинское правило использования воды международного значения (1966), подготовленное Ассоциацией международного права [4]. Этот документ исходит из права каждого государства на

"разумную и справедливую" долю стока, основанной на принципах "не навреди" и "приоритета прежнего использования", с учетом необходимости удовлетворения экономических и социальных потребностей в воде. При определении указанной доли принимаются во внимание водосборная площадь государства, его экономические и социальные нужды, стоимость альтернативных средств удовлетворения потребностей в воде, возможность осуществления компенсационных мероприятий и т.д.

В концепции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Хельсинки, 1992) говорится, что "управление водными ресурсами осуществляется таким образом, чтобы потребности нынешнего поколения удовлетворились без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворить свои собственные потребности" [1]. Осознание общности и нового единства всех живущих на планете, которое должно зиждиться на силе разума, на гуманизме и высочайшем чувстве ответственности перед будущим, при межгосударственном водodelении водных ресурсов трансграничных рек, в первую очередь должны решаться экологические и социальные проблемы, препятствующие в настоящее время продвижению всех нас к гармонии с природой.

Природная вода, формирующаяся в бассейнах реки и пересекающая территории нескольких государств всегда считалась достоянием и богатством народов живущих в этом регионе. Поэтому при использовании водных ресурсов трансграничных рек необходимо учитывать права каждого народа и нации живущих на этой территории, для достижения устойчивого развития собственной экономики на современном этапе и с учетом потребностей будущих поколений, не ущемляя их национального развития и благосостояния. В этом случае принципиальной базой управления водными ресурсами трансграничных рек должна стать концепция экологически сбалансированного развития экономики, то есть экологической безопасности. Принятый подход допускает возможность компромиссных решений между долговременными социально-экономическими целями общества и целями сохранения экологически, экономический и социальной устойчивости экосистемы.

Таким образом, одним из возможных подходов к решению проблемы регулирования и распределения стока трансграничных рек на региональном уровне является принятие Концепции по международным водам на основе фундаментального принципа равноправного использования разными странами общих водных ресурсов и взаимной ответственности за их охрану. Поэтому при использовании водных ресурсов трансграничных рек для сохранения экологического равновесия и обеспечения социальных нужд населения в низовьях рек, так называемый "санитарный пропуск" не должен быть менее 30 % от минимальных расходов или амплитуд 30-40-летних природных ритмов водотока [5, 6], то есть:

$$Q_{ci} = (0.25 - 0.30) \cdot Q_{\min j} \quad (1)$$

или

$$Q_{ci} = \Delta Q_j \quad (2)$$

где  $Q_{ci}$  - не изымаемый расход реки, обеспечивающий сохранение экологического равновесия, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\min j}$  - минимальный расход реки 30-40- летних природных ритмов, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta Q_j$  - расход реки, соответствующий амплитуде 30-40-летних природных ритмов, м<sup>3</sup>/с.

Экологический пропуск в низовьях реки, сегодня должен быть не какой-то обособленной формой восприятия человеком реальности, а системой взглядов на внешний мир, где наряду с философскими, научными, политическими, нравственными, эстетическими и другими ценностями, присутствуют и экологические ценности, предусматривающие настоятельную необходимость бережного отношения к природе, в интересах не только живущих, но и будущих поколений, для которых природа останется таким же источником материальных ресурсов.

Если принять во внимание экологические принципы использования водных ресурсов трансграничных рек, тогда объем стока и расход воды в реке, который может быть использован для развития производственных сил будет равен:

$$Q_{oi} = Q_i - Q_{ci} \quad (3)$$

где  $Q_i$  - среднееголетний расход воды рек, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{oi}$  - расход воды рек, которые могут быть использованы для развития производительных сил в бассейне рек, м<sup>3</sup>/с.

При разработке порядка деления стока межгосударственной или трансграничной реки, причитающийся каждому государству объем воды (или доли стока) должен строго привязываться к определенному сезону и месяцу.

На основе принципа равного и справедливого использования водных ресурсов можно определить объем или расход воды выделенных для каждого государства, расположенных в бассейне рек:

$$Q_{zi} = a_{zi} \cdot Q_{oi} \quad (4)$$

или

$$W_{zi} = \alpha_{zi} \cdot W_{oi} = 86.4 \cdot \alpha_{zi} \cdot Q_{oi} \cdot T \quad (5)$$

где  $Q_{zi}$  - расход воды, выделенный для каждого государства по месяцам, расположенных в бассейне рек, м<sup>3</sup>/с;

$a_{zi}$  - доля расхода воды выделенных для каждого государства;

$W_{zi}$  -объем стока, выделенный для каждого государства по месяцам, расположенных в бассейне рек, тыс. м<sup>3</sup>;  $T$  - время, сутки.

Объем стока выделенного для каждого государства состоит из двух частей: продуктивный объем воды, которые формируется за вегетационный период ( $W_{zi}^n = 86.4 \cdot \alpha_{zi} \cdot Q_{oi} \cdot T_v$ , где  $T_v$  – продолжительности вегетационного периода, сутки) и полезный объем стока, которые формируется вневегетационный период ( $W_{zi}^b = 86.4 \cdot \alpha_{zi} \cdot Q_{oi} \cdot T_n$ , где  $T_n$  - продолжительности вневегетационного периода, сутки).

Доля расхода воды выделенных для каждого государства ( $a_{zi}$ ) можно определить на основе принципа равного и справедливого использования водных ресурсов. Тем самым закрепляется право каждого государства получить нужный ему объем в нужное для него время в соответствии с правилами пользования водами международных рек (Хельсинки, 1996), где закреплено, что "каждое государство бассейна имеет право в пределах своей территории на разумное и равноправное участие в полезном использовании воды международного водосборного бассейна".

При этом, в естественном гидрологическом режиме водотока, не исключен случай, когда в отдельные периоды в нижний пояс реки будет поступать вода больше чем это предусмотрено правилами межгосударственного вододеления и не будет продуктивно использоваться для нужд хозяйственной деятельности.

На основе межгосударственных договоров, за счет регулирования стоков рек, где весь сток вневегетационных периодов аккумулируется в водохранилищах. При этом, этот объем стоков передается тем государствам, на территории которых они построены с правами продажи как природного ресурса, согласно установленным нормам и графикам. В таком случае покупателями воды из водохранилища должны быть компоненты водохозяйственного комплекса.

Государство, где построены и функционируют ряд водохранилищ межгосударственного значения, осуществляющие накопление, регулирование и подачу водных ресурсов трансграничных водотоков в сопредельные государства, имеет право возместить эксплуатационные затраты, рассчитанные по нормативам отчислений на текущий ремонт и амортизацию, затраты на создание страхового фонда для маловодных периодов и материальных ресурсов для ликвидации аварийных ситуаций, нормативную прибыль. В связи с этим возникает вопрос об установлении реализационной стоимости воды и о характере оплаты воды, используемого отдельными компонентами, то есть ирригации и гидроэнергетики.

При этом, разработка методики расчета тарифной ставки на воду должна базироваться на затратно-нормативном принципе, когда основными ценообразующими элементами являются фактические эксплуатационные затраты, израсходованные для накопления и регулирования объемов воды вневе-

гетационный период, без учета экологического пропуска в низовьях реки. Тарифная ставка на воду состоит из двух частей:

- тариф на воду как природный ресурс, для компенсации эксплуатационных затрат израсходованных при накоплении и регулировании режима работы водохранилища ( $C_{np}$ );

- тариф за эксплуатационные услуги водохозяйственных организаций в подаче воды водопотребителям ( $C_y$ ).

Тариф на воду как природный ресурсы определяется простым делением суммарных эксплуатационных затрат на объем воды накопленный вневегетационный период в водохранилищах:

$$C_{np} = \frac{\sum \mathcal{E}_i}{\sum W_i} \quad (6)$$

где  $\sum \mathcal{E}_i$  - суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающий нормальный режим работы водохранилища, тенге, сом, доллар;

$\sum W_i$  - суммарный объем воды, накопленный в водохранилищах за вневегетационный период, тыс. м<sup>3</sup>.

Строительство водохранилища, с одной стороны от затопления и подтопления земель, с другой – в низовьях рек происходит опустынивание в связи с зарегулированием стока реки, сопровождается ежегодным ущербом, что необходимо учитывать при определении тарифа на воду:

$$C_{np} = \frac{\sum \mathcal{E}_i + (Y_{\text{щп}} - Y_{\text{що}})}{\sum W_i} \quad (7)$$

где  $Y_{\text{щп}}$  - ущерб, получаемый при строительстве водохранилища в связи с затоплением и подтоплением земель, тенге, сом, доллар;  $Y_{\text{що}}$  - ущерб, получаемый от опустынивания в связи с зарегулированием стока реки, тенге, сом, доллар.

Таким образом, выражение (7) определяет реализационную стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, используемого компонентами водохозяйственного комплекса. Если водохранилище имеет комплексные или многоцелевые задачи, то есть для целей ирригации и гидроэнергетики, тогда суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающий нормальный режим работы водохранилища должны быть распределены между участниками водохозяйственного комплекса. Однако, для отраслей гидроэнергетики при выработке электроэнергии важным является не только объем, но и напор, с каким эта вода подается гидроагрегатом [7]. При такой постановке задачи определение стоимости 1 м<sup>3</sup> воды использованный для выработки энергии гидроагрегатами, можно определить исходя из следующих условий, то есть разделив реализационную стоимость 1 м<sup>3</sup> воды как природного ресурса ( $C_{np}$ ) на величину среднего напора водохранилища ( $H_{cp}$ ):

$$C_{np}^z = \beta \cdot \frac{C_{np} \cdot H_{\phi}^t}{H_{cp}} \quad (8)$$

где  $H_{\phi}^t$  – фактический напор гидроагрегата за период  $t$ ;  $\beta$  - коэффициент, характеризующий распределение платы за использование воды между компонентами водохозяйственного комплекса.

Коэффициент, характеризующий распределение платы за использование воды между компонентами водохозяйственного комплекса, то есть между гидроэнергетикой и ирригацией, определяется в зависимости от стоимости валового дохода:

$$\beta = \frac{D_z}{D_z + D_u} \quad (9)$$

где  $D_2$  - стоимость валового дохода от реализационной стоимости воды для гидроэнергетики;  
 $D_u$  - стоимость валового дохода от реализационной стоимости воды для сельского хозяйства.

Как видно из выражения (9), экономическая эффективность каждого компонента водохозяйственного комплекса, то есть в данном случае гидроэнергетики и сельского хозяйства должна определяться с учетом стоимости объема реализуемой или используемой воды из водохранилища.

В этих условиях тариф на воду, как природный ресурс для отраслей сельского хозяйства рассчитывается по формуле:

$$C_{np}^u = \left(1 - \beta \frac{H_{\phi}^t}{H_{cp}}\right) \cdot C_{np} \quad (10)$$

Как видно из выражений (8) и (10), когда  $H_{\phi}^t < H_{cp}$ , стоимость 1 м<sup>3</sup> воды в гидроэнергетике уменьшается, это справедливо, поскольку тот же объем воды обладает меньшей энергией, а при  $H_{\phi}^t > H_{cp}$  - наоборот увеличивается, следовательно, для гидроэнергетики большой интерес представляет напор в водохранилище, что способствует поддержанию уровня воды в водохранилищах на высоких отметках.

При этом сопредельное государство, расположенное в бассейне трансграничных рек будет закупать электроэнергию, выработанную комплексным или многоцелевым водохранилищем, в пределах полезного объема стока, который формируется за вневегетационный период, за счет их доли, можно получить воду на льготных условиях, то есть:

$$C_{np}^u = \frac{\sum \mathcal{E}_i + (Y_{um} - Y_{uo})}{\sum W_i + \mu \cdot W_{zi}^b} \left(1 - \beta \frac{H_{\phi}^t}{H_{cp}}\right) \quad (11)$$

где  $\mu$  - коэффициент, учитывающий совместное использование производственных ресурсов водохранилища, то есть  $\mu = \mathcal{E}_{23}^n / \mathcal{E}_{23}$ ;  $\mathcal{E}_{23}$  - выработка электроэнергии комплексным водохранилищем, млрд. кВт. ч;  $\mathcal{E}_{23}^n$  - приобретенный объем электроэнергии сопредельными государствами от выработки электроэнергии комплексным водохранилищем, млрд. кВт. ч.

Суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие режим работы водохранилища, равны 1/:

$$\mathcal{E}_i = [Z_g + K_{\text{вос}} \cdot (a_1 + a_2 + a_3)] \cdot \frac{N_i}{\sum N_i} \cdot P_i \quad (12)$$

где  $Z_g$  - годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие режим работы водохранилища, тенге, сом, доллар;

$K_{\text{вос}}$  - восстановительная стоимость основных производственных фондов водохозяйственной организации, занимающийся режимами работы водохранилища, тенге, сом, доллар;

$a_1, a_2, a_3$  - соответственно норма отчислений на текущий, капитальный ремонт и на реновацию;

$N_i, \sum N_i$  - соответственно численность работников водохозяйственной организации, занимающиеся режимами работы водохранилища и общая сумма численности в расчетный год, чел.;

$P_i$  - норматив условной прибыли водохозяйственной организации.

Тариф за услуги эксплуатационных водохозяйственных организации (ЭВО), обеспечивающих подачу воды в пределах установленного лимита в точках водовыделов с учетом продуктивности орошаемых земель определяется по формуле:



$$C_y = \frac{[\mathcal{E}_{\text{вз}} + K_{\text{вос}}^c \cdot (a_1 + a_2 + a_3)] \cdot P_i}{W_e + W_p} \quad (13)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{вз}}$  - годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, тенге;

$K_{\text{вос}}^c$  - восстановительная стоимость основных производственных фондов ЭВО, тенге;

$W_e = \alpha_e \cdot W_{zi}^H$  - объем воды получаемый водохозяйственной организацией от объема воды накопленных в водохранилищах вневегетационный период, тыс. м<sup>3</sup>;

$a_e$  - доли поучаемые водохозяйственной организацией от объема воды накопленных в водохранилищах вневегетационный период;

$W_p = a_{zi} \cdot W_i$  - объем воды выделенных для каждого государства по месяцам, расположенных в бассейнах рек, тыс. м<sup>3</sup>.

Общий тариф на воду, используемую в пределах лимита ЭВО ( $C$ ) определяется по формуле:

$$C = C_{np}^u + C_y \quad (14)$$

При этом по длине бассейна реки изменяется минерализация воды и его качественный состав, который необходимо учитывать при определении тарифа на воду [8]:

$$C_i = C \cdot \left( \frac{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_i}{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_{opt}} \right) \quad (15)$$

где  $C_i$  - цена воды с учетом минерализации и качественного состава в точке водовыдела, тенге за 1 м<sup>3</sup>;  $\Delta \mathcal{E}_i$  - текущие значения коэффициента негативной реакции;  $\Delta \mathcal{E}_{opt}$  - оптимальное значение коэффициента негативной реакции;  $\Delta \mathcal{E}_k$  - критическое значение коэффициента негативной реакции.

Анализ использования водных ресурсов трансграничных рек показывает, что одним из составляющих платы за воду должен быть учтен и такой фактор, как нанесенный народному хозяйству, в результате отрицательного воздействия хозяйственной деятельности, экологический ( $\mathcal{E}_i$ ), социально-экономический ( $C\mathcal{E}_i$ ) и социальный ( $C_i$ ) ущерб [8]:

$$Y_{\text{ущ}} = \mathcal{E}_i + C\mathcal{E}_i + C_i \quad (16)$$

Тогда удельный ущерб, нанесенный народному хозяйству за счет ухудшения экологического состояния водных ресурсов реки, будет равен:

$$\bar{Y}_{\text{ущ}} = Y_{\text{ущ}} / W_i \quad (17)$$

где  $W_i$  - объем стока в данном створе реки, тыс. м<sup>3</sup>.

Тогда, стоимость или цена воды в любом створе реки можно определить по формуле:

$$C_{ci} = C + (\bar{Y}_{\text{ущ}_{i-1}} - \bar{Y}_{\text{ущ}_i}) \quad (18)$$

где  $\bar{Y}_{\text{ущ}_i}$  - удельный ущерб  $i$ -го или нижнего водохозяйственного района, тенге;

$\bar{Y}_{\text{ущ}_{i-1}}$  - удельный ущерб верхнего водохозяйственного района, тенге.

В заключение следует отметить, что разработанная эколого-экономическая концепция использования водных ресурсов трансграничных рек, которые базируются на принципах равного и справедливого вододеления, мягкого управления природой, обеспечивающие сбалансированное природопользование и на затратно-нормативном принципе формирования ежегодных эксплуатационных издержек водохозяйственных организаций, не претендует на исчерпывающую полноту охвата экономических, экологических и социальных аспектов вододеления, во многом носит дискуссионный характер и призван в первую очередь обратить внимание государственных деятелей и научных работников на важность затронутой проблемы, так как именно такого рода требования должны лечь в основу распределения водных ресурсов межреспубликанских рек.

### **Литература**

1. Асанбеков А.Т., Маматканов Д.М., Шавва К.И., Шапар А.К. Экономический механизм управления трансграничными водными ресурсами и основные положения стратегии межгосударственного деления. - Бишкек, 2000. -48 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн: Гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления. - Алматы: Дауир-2001. - 180 с.
3. Мальковский И.М., Сорокина Т.Е., Толеубаева Л.С. Принципы разрешения конфликтных ситуаций в использовании ресурсов речного стока (на примере Бассейна Сырдарьи) // Географическая наука в Казахстане: результаты и пути развития. –Алматы, «Гылым». – с. 151-160.
4. Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. - Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1995.- 359 с.
5. Заурбеков А.К. Научные основы рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна реки //Автореферат дисс. д.т.наук, Тараз, 1998. - 50 с.
6. Кименский Ю.А., Шейнин Л.Б. Правовые вопросы распределения водных ресурсов межреспубликанских рек // Водные ресурсы, №3, 1986.
7. Соломония О.Г. Об оптимизации комплексных водохозяйственных систем при хозрасчетной основе функционирования водохранилищ // Водные ресурсы, №2, 1984, с. 74-78.
8. Мустафаев Ж.С. и др. Математическое моделирование формирования и функционирования водохозяйственных систем. –Тараз, 2000. – 125 с.
9. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы и ее окружения. - М.: Наука, 1965.-370 с.
10. Мустафаев Ж.С., Ибатуллин С.Р., Койбагарова К.Б. Эколого-экономические проблемы управления водными ресурсами трансграничных рек // Гидрометеорология и экология, №3-4, 2001.-145-155.
11. Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б. Эколого-экономические проблемы использования водных ресурсов трансграничных рек // Наука и образование Южного Казахстана, №26. 2001.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

**Б.С. Серикбаев, Э.Б. Серикбаева, Ф.А. Акназаров, Е.Ж. Даулатов, Р.А. Давлетов**

**Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства**

Научно-технический прогресс каждой отрасли определяет не только её эффективность, но и перспективы развития, а также социально-экономическую значимость.

Природа Узбекистана обусловила развития орошения как одной из важнейших отраслей сельского и водного хозяйства, от которой зависит уровень экономики республики.

За последние годы в Узбекистане осуществлены крупные организационно-хозяйственные и технические мероприятия для улучшения орошаемого земледелия и наиболее эффективного использования водных ресурсов. Огромный прогресс, достигнутый в области ирригации в Узбекистане, заключается в темпах, размахе и объемах реконструкции.

Именно в Узбекистане началась планомерная борьба с засолением земель на основе современных типов дренажа и промывок, стали внедряться передовые методы мелиорации земель.

Поэтому министерством сельского и водного хозяйства (МСВХ) республики проводятся большие работы по улучшению мелиоративного состояния земель и совершенствованию эксплуатации крупных магистральных и межхозяйственных распределительных каналов. Проводятся планомерные работы по оснащению оросительных каналов современными ГТС и оборудованьями по учёту оросительной воды.

Проведены изменения структуры посевов на орошаемых землях, расширены площади посевов пшеницы до 1,25 млн.га, за счет внедрения передовой агротехники, в т.ч. Андижанской технологии выращивания хлопчатника повышается урожайность основной сельскохозяйственной культуры-хлопчатника и ежегодный валовый сбор хлопка сырца стабилизирован в пределах 4,1 - 4,3 млн. т, несмотря на сокращения их площади посевов до 1,2 - 1,3 млн.га за последние 2000-2002 г.г. На высвобожденных площадях от посевов хлопчатника (против существовавшей раньше схеме посевов при монокультуре хлопчатника) успешно возделываются зерновые, овощные, кормовые и другие сельскохозяйственные культуры. Внедряются повторные посевы сельскохозяйственных культур после уборки озимых пшеницы и др.

В настоящее время объем из общего водозабора 72-70 куб. км. в год на орошение составляет в пределах 40 - 42 куб.км в год, что явно ощущается острый дефицит. При таких острых недостатках водных ресурсов, необходимы строжайшая экономия оросительной воды при орошении и в бассейне Аральского моря.

В настоящее время в рыночных условиях в данном бассейне на орошаемых землях пяти независимых государств: Узбекистана, Киргизии, Казахстана, Таджикистана, Туркмении и существующей северной части Афганистана, водное хозяйство вступило в новую фазу своего развития. К её характерным чертам относятся:

- взаимосвязанность водных систем;
- необходимость комплексного использования и охраны водных ресурсов;
- необходимость составления перспективного плана водопользования до 2030, 2050 г.г.;
- резкое изменение оросительной способности источников орошения.

Для этого необходимо:

- Установление планового (лимита) водозабора в систему:

$$Q_C^H = \frac{F_C^H \cdot \bar{q}_{MAX}}{1000 \cdot \eta_C}, \text{ м}^3/\text{сек} \quad (1)$$

где:  $F_C^H$  - орошаемая площадь нетто, га;

$\bar{q}_{MAX}$  - средневзвешенная тах ордината графика гидромодуля, л/с га;

$\eta_C$  – КПД оросительной системы;

- Уточнение оросительной способности рек (для различного процента водообеспеченности):

$$\Omega_{O.C.} = \frac{Q_P^H}{q_{MAX}}, \text{ га} \quad (2)$$

где:  $Q_P^H$  - расход реки (нетто) на данном створе.

- Уточнить долю водозабора в систему:

$$\alpha = \frac{Q_C^H}{Q_P^H}; \quad (3)$$

$\alpha$  - доля водозабора из реки в систему;

При острых недостатках оросительной воды в источнике орошения, при коэффициенте водообеспечения  $Kв.о. \leq 0,85$  необходимо уточнить лимит водозабора:

$$Q_{C(ЛИМ)}^Г = Q_C^Г \cdot Kв.о. \quad (4)$$

$$Kв.о. = \frac{Q_C^{бр(фак)}}{Q_C^{бр(пл)}}; \quad (5)$$

где:  $Q_C^{бр(фак)}$  - фактический расход, выделяемый в оросительную систему в зависимости от наличия водных ресурсов, м<sup>3</sup>/с.

$Q_C^{бр(пл)}$  - расчетный расход, предусмотренный системным планом водопользования, м<sup>3</sup>/с.

Все организационно-технические, эксплуатационные мероприятия, направленные на улучшения экономо-экологических условий бассейна, должны обеспечить повышение производительности каждого кубометра оросительной воды, которая оценивается значением показателя (П). Значение «П» определяется по формуле проф. Б.С. Серикбаева и Э.Б. Серикбаевой.

$$П = \frac{1}{Kв} \cdot \eta_c \cdot \eta_{ПТ} \cdot \eta_B; \quad (6)$$

где:  $\eta_c$  – КПД оросительной системы;

$\eta_{ПТ}$  – КПД поливной техники;

$\eta_B$  – коэффициент использования воды.

$$Kв = \frac{\Sigma E}{У}, \text{ м}^3/\text{ц} \quad (7)$$

где:  $\Sigma E$  – суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур, м<sup>3</sup>/га

У – Урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га.

Kв – удельное водопотребление сельскохозяйственных культур для получения одного центнера урожая.

- В настоящее время необходимо решить проблемы выработки экономического механизма при распределении водных ресурсов, которые бы обеспечили выполнения условия:

$$(ВР_л + ВР_п) \cdot N_ч < В_п; \quad (8)$$

где:  $Р_л$  – расход водных ресурсов на 1 человека для его личных нужд, м<sup>3</sup>/год.

$ВР_п$  – расход водных ресурсов на 1 человека для его производственных нужд, м<sup>3</sup>/год.

$N_ч$  – численность населения региона, области и т.д., чел.

$В_п$  – выделяемый годовой объем оросительной воды для региона, области и т.д., м<sup>3</sup>/год.

При этом, имея оптимальное значение  $ВР_л$ ,  $ВР_п$ ,  $N_ч$ , экономический механизм водопользования должен обеспечить максимальный уровень жизни населения:

$$У_p(ВР_л, ВР_п, N_ч) \rightarrow \max. \quad (9)$$

## Литература

1. Авлиякулов А., Цамутали А., Хусанов Р., Безбородов Г.А. «Система земледелия в условиях коренного изменения структуры сельскохозяйственного производства» Т. 1998.
2. Щербаков В.А., Голубев А.В., Мосненко Н.А., и др. «Экономика природопользования». Саратов, 2000.

3. «Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан» Ташкент, 1998 г.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА КОНТРЕГУЛИРУЮЩЕГО ВОДОХРАНИЛИЩА, КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВАРИАНТА КОМПЛЕКСНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Г.Н. Петров\*, Х. Ибодзаде\*\*

\*Академия МЭА (Минэнерго Республики Таджикистан), \*\*Исполком МФСА

По сложившейся сегодня схеме, комплексное использование стока в интересах нескольких стран осуществляется, как известно, в виде услуг по регулированию стока сторонами верхнего течения рек и компенсаций им странами нижнего течения возникающих при этом потерь в виде перетоков электроэнергии. Стороны нижнего течения обеспечивают, таким образом, необходимый им ирригационный режим.

Но такое же перерегулирование речного стока страны нижнего течения могут обеспечить себе и независимо от стран верхнего течения, за счет строительства на своей территории контррегулирующего водохранилища.

И такие варианты сегодня уже обсуждаются. Туркменистан рассматривает вопрос строительства "Золотого озера" - крупнейшего водохранилища в бассейне реки Амударья, объемом более ста кубических километров. Казахстан начал проектные проработки строительства Каттасарайского водохранилища в бассейне реки Сырдарья. Аналогичные проекты имеет и Узбекистан.

Рассмотрим эти два варианта решения проблемы регулирования стока с точки зрения их экономической эффективности.

*Первый вариант* - строительство контррегулирующего водохранилища определяется следующими основными параметрами:

$P_{стр.}$  - общая стоимость строительства водохранилища, млн. дол.

$T$  - срок строительства водохранилища, лет.

*Второй вариант* - компенсационная оплата услуг по регулированию стока странам верхнего течения со стороны стран нижнего течения, характеризуются одним параметром:

$S_{рег.}$  - годовая стоимость услуг по регулированию стока, млн. дол в год.

Эксплуатационные затраты в обоих этих вариантах не учитываются, так как они для них одни и те же и в расчетах будут сокращаться.

Финансовые потоки обоих этих вариантов показаны в таблице 1.

Таблица 1  
Финансовые потоки двух сравниваемых вариантов

Годы	1	2	3	...	t	t+1	t+2	t+3	...	T-1
Вариант 1	$P_{стр.}$	$P_{стр.}$	$P_{стр.}$	...	$P_{стр.}$	-	-	-	...	-
Вариант 2	$S_{рег.}$	$S_{рег.}$	$S_{рег.}$	...	$S_{рег.}$	$S_{рег.}$	$S_{рег.}$	$S_{рег.}$	...	$S_{рег.}$

Экономическая равноценность этих вариантов будет обеспечена при равенстве их чистых приведенных стоимостей за период времени  $T$  лет. Сам этот период  $T$  лет при этом может рассматриваться, как срок окупаемости первого варианта- строительства нового водохранилища. А коэффициент дисконтирования становится характеристикой внутренней нормы доходности. Математически это можно выразить в виде уравнения:

$$\left( \frac{P_{cmp.}}{t} + S_{pez.} \right) \times \frac{q^t - 1}{q - 1} = S_{pez.} \times \frac{q^T - 1}{q - 1} \quad (1)$$

Обозначив:

$$K = \frac{P_{cmp.}}{S_{pez.} \times t} + S_{pez.}, \quad (2)$$

получим:

$$K(q^t - 1) = (q^T - 1) \quad (3)$$

Рассмотрим сначала область определения входящих в эту функцию параметров.

В соответствии со своим экономическим смыслом, значение коэффициента дисконтирования “q” должно находиться в диапазоне:

$$0 < q < 1$$

Срок строительства нового водохранилища в соответствии с практическим опытом, как зарубежным, так и наших республик, причем с учетом сегодняшних условий, можно принять в диапазоне:

$$1 < t < 20 \text{ лет}$$

Жизненный цикл рассматриваемого нами проекта в соответствии с действующим СН и П может равняться:

$$t < T < 50 \text{ лет}$$

Чисто формально, исходя из того, что “K” есть функция аргументов  $P_{стр.}$ ;  $S_{рег.}$  и  $t$ , для реальных значений последних величина “K” теоретически может принимать следующие значения, приведенные в таблице 2:

Таблица 2

Теоретически возможные значения “K” для реальных  $P_{стр.}$ ;  $S_{рег.}$  и  $t$

t \ P/S	1	2	5	10	100
1 год	2,0	3,0	6,0	11,0	101,0
5 лет	1,2	1,4	2,0	3,0	21,0
10 лет	1,1	1,2	1,5	2,0	11,0
20 лет	1,05	1,1	1,25	1,5	6,0

Таким образом, можно принять для наших исследований диапазон изменения “K” равным:

$$1 < K < 100$$

То, что параметр “K” должен быть всегда больше единицы показывает и само общее уравнение (1). Преобразовав его к виду:

$$K = \frac{1 - q^T}{1 - q^t}, \quad (4)$$

сразу увидим, что для всех “q”, изменяющихся от нуля до единицы, и любых значений “t” ( $T > t$ ), величина “K” всегда находится в диапазоне:

$$1 \leq K \leq \infty$$

При этом для каждого конкретного значения “t” эта функция при  $t \rightarrow 1$  имеет предел. На рис. 1 показан в качестве примера один из графиков  $K = f(q)$  для конкретных  $T = 50$  и  $t = 5$ .

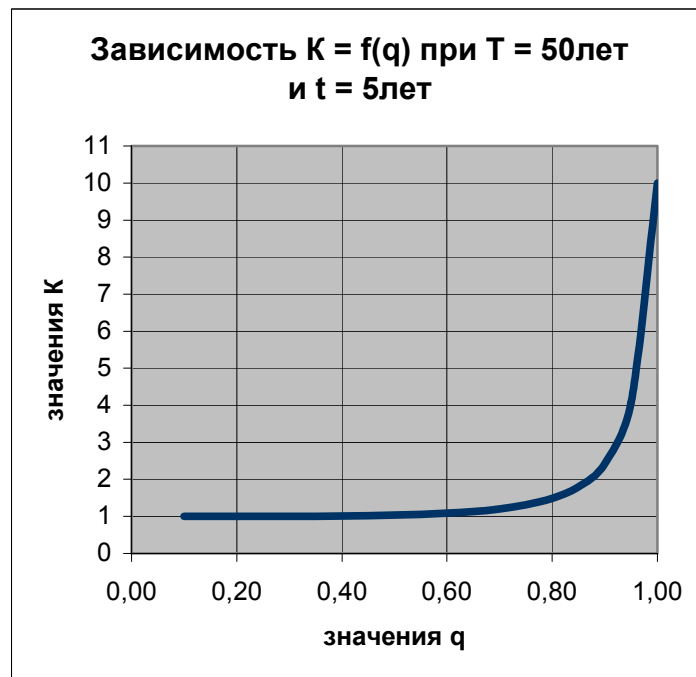


Рис. 1

Используя основное уравнение, анализ эффективности строительства нового водохранилища можно сделать несколькими способами.

Применив форму (4) уравнения  $K = f(q)$  и приняв жизненный цикл проекта равным наиболее реальному для гидротехнических объектов значению 50 лет, рассчитаем значения K для различных комбинаций “t” и “q”. Такие расчеты приведены в таблице 3.

Таблица 3  
Значения K для разных q и t при  $T = 50$  лет

q \ t	0.70	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99	0.999	0.9999
1	3.33	5.00	6.66	9.95	18.46	39.50	48.79	49.88
5	1.20	1.49	1.80	2.43	4.08	8.06	9.78	9.98
10	1.03	1.12	1.24	1.53	2.30	4.13	4.90	4.99
20	1.00	1.01	1.04	1.13	1.44	2.17	2.46	2.50

Данные этой таблицы, кроме всего прочего, подтверждают, что, действительно, параметр K при приближении q к единице имеет предел.

Данные этой таблицы, в свою очередь, позволяют рассчитать максимальные значения отношения  $P_{стр.}/S_{рег.}$ , обеспечивающие нулевую экономическую эффективность строительства нового водохранилища по сравнению с компенсационной оплатой услуг по регулированию стока. Эти значения приведены в таблице 4.

Таблица 4

Значения  $P_{стр.}/S_{рег.}$ , обеспечивающие нулевую экономическую эффективность проекта строительства нового водохранилища, при  $T=50$  лет

t \ q	0.70	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99	0.999	0.9999
1	2.33	4.00	5.66	8.95	17.46	38.50	47.79	48.88
5	1.00	2.45	4.00	7.15	15.40	35.30	43.90	44.90
10	0.30	1.20	2.40	5.30	13.00	31.30	39.00	39.90
20	0	0.20	0.80	2.60	.80	23.40	29.20	30.00

Примем с некоторой долей условности, что сметная стоимость строительства нового водохранилища для отказа от услуг Токтогула равна 100 млн. долларов<sup>1</sup>. С учетом этого в таблице 5 рассчитаны соответствующие минимальные значения  $S_{рег.}$  – ежегодных эксплуатационных выплат, обеспечивающих экономическую эффективность обоих рассматриваемых вариантов.

Сегодня экономическая оплата услуг по регулированию речного стока в целях ирригации, как известно, не производится. Кыргызская сторона (Токтогул) осуществляет это регулирование по сути дела безвозмездно, на основе эквивалентного обмена энергоносителями, а Таджикистан даже приплачивает за то, что регулирует сток в чужих интересах, получая 200 млн. кВт.ч. электроэнергии, а отдавая 300 млн. кВт.ч.

Таблица 5

Значения  $S_{рег.}$ , обеспечивающие эффективность строительства нового водохранилища, при  $P_{стр.}=100$ млн. долл.; Таджикистан=50лет.

t \ q	0.70	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99	0.999	0.9999
1	42.9	25.0	17.7	11.2	5.7	2.6	2.1	2.0
5	100.0	40.8	25.0	13.9	6.5	2.8	2.3	2.3
10	333.0	83.3	41.7	18.9	7.7	3.2	2.6	2.5
20		500.0	125.0	38.5	11.4	4.3	3.4	3.3

Поэтому сегодня ни о какой экономической эффективности строительства новых водохранилищ вообще не может быть речи. Оценку полученных результатов можно сделать только в расчете на будущее, когда будет введена нормальная схема оплаты услуг и компенсаций.

До использования в расчетах дифференцированных летних и зимних тарифов на электроэнергию единственной статьей затрат в этих расчетах могут быть эксплуатационные расходы. Величина их для Токтогульского гидроузла, согласно разработанной нами методики, равна 771,9 тыс. долл. в год.<sup>2</sup> Приведенные в таблице 4 значения минимальных затрат на компенсацию  $S_{рег.}$ , обеспечивающих эффективность строительства нового водохранилища, минимум в три и более раз выше. Таким образом, при учете только эксплуатационных затрат, строительство нового водохранилища всегда заведомо неэффективно по сравнению со схемой компенсационной оплаты услуг по регулированию стока существующими водохранилищами.

При введении дифференцированных тарифов на летнюю и зимнюю электроэнергию компенсации будет подлежать их разница. Допустим, что зимняя электроэнергия будет на 0,5 цента дороже летней.

<sup>1</sup> Нужно учесть, что полезный объем такого водохранилища должен быть равен дополнительно необходимому объему вегетационного стока, то есть не менее 2,2 млрд. куб м. С учетом этого полный объем его будет не менее 3-х кубокилометров. Таким образом, принятая стоимость – 100 млн. долл. конечно меньше действительной и все наши расчеты сделаны с большим запасом.

<sup>2</sup> Исполком МФСА. Агентство проекта GEF. Программа бассейна Аральского моря “Проект управления окружающей средой и водными ресурсами” Компонент А-1 “Управление водными ресурсами и солями”. ТЗ №4 “Вопросы энергетики”. Душанбе. 2001г.



При общем объеме компенсационного обмена Токтогульским гидроузлом за ирригационное регулирование стока 2,2 млрд. кВт.ч, эта разница для всего объема будет составлять 11млн. долл. этой величине затрат соответствуют варианты только в заштрихованной части таблицы 5. К сожалению, все они предусматривают очень низкую норму дисконтирования – 5 и менее процентов. Сегодня во всем мире принятая норма дисконтирования, обеспечивающая эффективность реализуемых проектов, как правило, в два- три раза выше. Таким образом, при жизненном цикле, то есть сроке службы сооружений (плотин и водохранилищ) 50 лет строительство нового водохранилища при нормальных условиях всегда неэффективно.

Весь предыдущий анализ выполнен для одного значения жизненного цикла: Таджикистан = 50 лет. Рассмотрим теперь, какое влияние на экономическую эффективность имеет сама эта величина жизненного цикла. Для этого преобразуем основную формулу (1) к виду:

$$T = \frac{\ln \left[ 1 + \left( \frac{P_{cmp.}}{S_{pez.} \times t} + 1 \right) \times (q^t - 1) \right]}{\ln q} \quad (5)$$

и выполним расчеты “Т” для разных значений P/S; t; q. Они показаны в таблице 6.

На первый взгляд, рассматривая эту таблицу, может показаться, что принятое ранее, в предыдущем анализе условие Таджикистан = 50 лет, является слишком жестким. Практически, для всех случаев в таблице 6 экономическая эффективность строительства нового водохранилища достигается при значительно меньших сроках. Но более внимательное рассмотрение показывает, что это чисто формальный вывод.

Таблица 6

Значения жизненного цикла Т, обеспечивающие экономическую эффективность строительства нового водохранилища при разных P/S; t; q.

$\frac{t}{P/S}$	<u>1</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>20</u>
q = 0.9				
1	2.118	6.417	11.962	24.254
2	3.385	8.084	14.440	32.168
5	8.697	16.224	35.796	
10				
100				
q = 0.85				
1	2.195	6.776	13.225	
2	3.678	9.284	20.412	
5	14.168			
10				
100				
q = 0.8				
1	2.289	7.367	17.976	
2	4.106	12.702		
5				
10				
100				

Примечание: Затемнены зоны абсолютной некупаемости строительства нового водохранилища.

Во-первых, при принятых сегодня в мировой практике значениях ставки дисконтирования  $q < 0.85$  и реальных сроках строительства объектов такого рода, как водохранилища  $t > 5$  лет, окупаемость его строительства вообще не достигается. И даже при  $q = 0.9$  она возможна только при  $P/S = 5$ , то есть если стоимость компенсационных оплат за регулирование речного стока только не более чем в пять раз меньше общей стоимости строительства нового водохранилища.

А, во-вторых, даже там где эффективность строительства нового водохранилища достигается при  $T$  меньше, чем 50 лет, фактически это не приводит к какому-нибудь существенному увеличению прибыльности проекта. Это хорошо показывают данные таблицы 7, где приведены отношения доходов от одного и того же проекта при разных  $T$  к доходу его при  $T = 50$  лет. Видно, что для представляющих практический интерес значений  $T > 10$  лет и  $q < 0,9$ , эти отношения мало отличаются от единицы.

Таблица 7  
Отношения чистых приведенных стоимостей:  $T/T_{50}$  при разных Таджикистан и  $q$

$q \backslash T$	5	10	20	40	50
0.70	0.832	0.971	0.999	0.9999	1.0
0.80	0.672	0.892	0.988	0.9999	1.0
0.90	0.412	0.655	0.883	0.990	1.0
0.95	0.245	0.435	0.695	0.994	1.0

Из всего этого можно сделать однозначный вывод, что сегодня, для любых реальных условий вариант изоляционного решения республиками нижнего течения рек бассейна Аральского моря проблемы регулирования стока за счет строительства новых собственных водохранилищ является экономически неэффективным. Для большей наглядности этого вывода на рис. 2 показана общая зона эффективности строительства нового водохранилища при наиболее реальных на практике значений  $t > 5$  лет и  $T=50$  лет.

**Зона эффективности строительства нового водохранилища,  
при  $t > 5$  лет и  $T = 50$  лет**

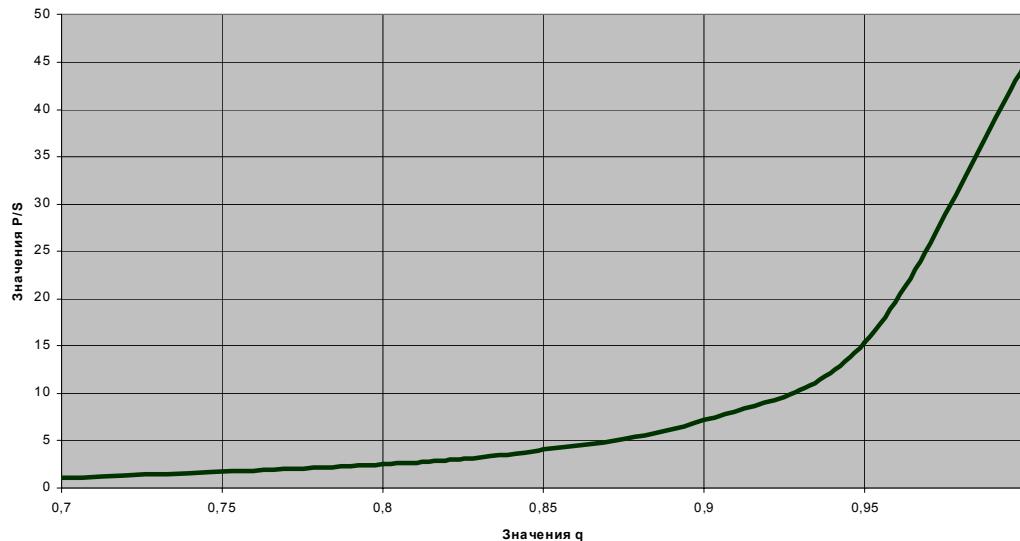


Рис. 2

# ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

А.Б. Насрулин

Институт водных проблем Академии наук Республики Узбекистан

Настоящее время характеризуется всеобщей озабоченностью состоянием окружающей среды и общей экологической устойчивостью. В регионах, включающих в себя водные бассейны, на первом месте в списке экологических проблем стоит, как правило, загрязнение воды. Гидроэкологическая устойчивость - одно из основных приоритетов для Узбекистана, региона с аридным климатом. Можно перечислить экологические проблемы, тесно увязанные с водными ресурсами: Опустынивание, Деградация и засоление земель, накопление в замкнутых водоемах (типа Аральского моря, Арнасайских озер и т.д.) опасных загрязняющих веществ, ухудшение условий проживания людей, рост числа генетических заболеваний, связанных с нарушением экосистем, плохим качеством окружающей среды, в первую очередь водных ресурсов. Подобный перечень можно продолжить, включив в него уменьшение уровня Аральского моря, загрязненность коллекторно-дренажных вод, плохая питьевая вода и т.д. Все это позволяет нам, сделать вывод, что водные проблемы должны быть приоритетными при решении экологических проблем нашего региона, поскольку социально-экономические, демографические и другие проблемы тесно с ними связаны.

Управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря без учета качества поверхностных вод невозможно. Однако получить в полном объеме картину загрязнения обширного бассейна Аральского моря, применяя лишь традиционные методы исследования, чрезвычайно сложно. Эпизодичность контактных измерений из-за нехватки финансирования в последние годы, с одной стороны, и подвижность водной среды, засушливые или многоводные годы с другой – определяет необходимость привлечения новых передовых методов гидроэкологического мониторинга с привлечением ГИС-технологий. Главная проблема практического использования гидроэкологической информации для создания систем управления водными ресурсами, это автоматизация процесса обработки и интерпретации данных.

Экологические науки не могут существовать без систематического мониторинга. “Мониторинг” в переводе с латинского - наблюдение. Согласно определению Программы ЮНЕСКО “Человек и Биосфера” - под экологическим мониторингом понимают комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы под влиянием естественных и антропогенных факторов. Уже существует различные типы экологического мониторинга: биомониторинг, геомониторинг, социомониторинг и т.д. Автором предпочтение отдается гидроэкологическому мониторингу, поскольку он позволяет исследовать комплексно, с учетом многих компонентов. Вода - связующее звено биосферы, всего кругооборота биогенных веществ, в тоже время она сразу реагирует на антропогенное загрязнение, влияет на флору, фауну, население и сельское хозяйство. Главной задачей гидроэкологического мониторинга, это получение и анализ изменений геохимических, биологических, геофизических параметров окружающей среды связанные с водными ресурсами, как основы для принятия решений по ее защите от негативных, главным образом антропогенных воздействий.

Многочисленные загрязнители окружающей среды влияют на здоровье человека непосредственно, вызывая те или иные расстройства и заболевания, или косвенно. Среди вредных веществ, содержащихся в промышленных и других выбросах, имеются такие, с которыми человеческий организм никогда не встречался, и поэтому часто его иммунная система не может оказать сопротивление этим антропогенным веществам.

Интенсивное использование водных ресурсов рек бассейна Аральского моря для сельскохозяйственных, коммунальных и промышленных нужд приводит к антропогенному загрязнению сбросными водами, содержащими различные загрязняющие вещества.

Гидроэкологический мониторинг, фиксирующий и характеризующее закономерности распределения различных компонентов химического состава поверхностных вод, может найти применение для решения большого круга народнохозяйственных задач. К ним следует отнести такие проблемы:

оценка воды для питьевых и технических целей и планирование мероприятий по бытовому и промышленному водоснабжению. Также принятие научно-обоснованных решений по регулированию и перераспределению речного стока, размещению промышленных комплексов, градостроительства, эксплуатации оросительных систем в сельском хозяйстве, использованию в рыбопромысловых целях, для определения степени экологической напряженности ситуации, степени опасности для здоровья населения и т.д.

За основу гидроэкологического мониторинга принят комплексный бассейновый метод географо-галохимического анализа природно-мелиоративной обстановки, где учтено как влияние естественных факторов, так и антропогенные факторы(1-2). Также при создании системы гидроэкологического мониторинга, учитывались три главных фактора: коллекторно-дренажные стоки, сточные воды промышленности и коммунально-бытовые стоки. Использование математико-картографического моделирования и компьютерного банка данных сильно упрощает процесс исследования, позволяет перейти к ГИС-технологиям.

Методика гидроэкологического мониторинга подробно была разработана под руководством проф. Х. Лиетца, в Институте исследования систем окружающей среды при Оснабрюкском Университете в Оснабрюкском Университете при Институте систем окружающей среды (8). Методика представлена в виде взаимосвязанных блоков, первые попытки создания этой методики были представлены на конференции САНИИРИ. в 1995 году(3).

Первый этап исследований- "Гидроэкологический мониторинг речного бассейна" фиксирует изменение химического состава рек бассейна Аральского моря, учитывая также влияние двух важных факторов (антропогенного и физико-географического).

Второй этап - "Прогнозирование" состоит из разных моделей:

- детерминированные модели, где упор на вскрытие причинной обусловленности исследуемых явлений. Это - аналогия с подобными случаями, широкое использование системного анализа. Туда входит географо-гидрологический метод и бассейновый метод;

- стохастические модели - это конкретно простые математические модели, использование статистических методов, в нашем случае корреляционный и регрессионный анализ, где с помощью уравнения регрессии можно дать прогноз. Дополнительно используется тренд-анализ по всем изучаемым створам, где определяют удобную формулу, имитируют различные ситуации изменения прироста содержания при различных нагрузках, добавляя дополнительные средние концентрации.

Система моделей была реализована на ПЭВМ типа IBM PC при использовании программы "Статграф". Базовый вариант системы настроен на работу одновременно с 20 различными загрязняющими веществами. Исходные данные для расчетов вводятся и поддерживаются с помощью собственной базы данных за 1980-2002 гг;

- синтезированная комплексная модель, это картографирование гидроэкологической ситуации изучаемого бассейна. Здесь суммируются все результаты, полученные по другим моделям. Используется методика ГИС-картографирования химсостава поверхностных вод (4-10).

Сами прогнозируемые вещества делятся на отдельные группы, чтобы перейти к регулированию их содержания, при обязательном учете эколого-экономической оценки водоохранных мероприятий.

По физико-химическому составу разделены на четыре главные группы:

1) Минерализация, главные ионы( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ );

2) Загрязняющие вещества органического происхождения (синтетические поверхностно активные вещества (СПАВ), фенолы ( $\text{H}_3\text{PO}_5$ ), нефтепродукты,  $\alpha$ -ГНЦГ,  $\gamma$ -ГНЦГ );

3) Загрязняющие вещества неорганического происхождения, тяжелые металлы ( $\text{Cu}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cd}$ );

4) Биогенные компоненты ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , фосфаты).

С помощью программы Microsoft Excel подготовлен банк данных по реке Амударья и Сырдарья. При помощи программы ArcView GIS, была составлена гидро-экологическая карта бассейна Аральского моря, с использованием методики и технических возможностей ГИС-системы для фундаментального теоретического обоснования с выходом на практическое применение (рис.1-2). Проведенный гидроэкологический мониторинг вскрывает все закономерности комплексно с учетом основных антропогенных и физико-географических факторов, что позволяет начать разработку комплексного метода гидроэкологического мониторинга и гидроэкологического картографирования как научной основы решения социально-экологических проблем бассейна Аральского моря.

В комплексной системе развития также были учтены классификации, физико-географические, социально-экономические и демографические аспекты гидроэкологического мониторинга.

Экологическая устойчивость в Центральной Азии в первую очередь зависит от количества и качества водных ресурсов. В статье «Экономические проблемы Республики Узбекистан и пути решения гидроэкологических проблем» опубликованной в 1994 году [2], приводились примеры влияния экологической обстановки на экономику. Узбекистан и остальные страны Центрально-азиатского региона не могут существовать без взаимоувязанного между странами системы управления водными ресурсами. Решение этих проблем невозможно без контроля возникновения и переноса загрязняющих веществ (в том числе трансграничный) поверхностными водами. Виртуальные карты на основе ГИС-технологий позволят увидеть картину распределения поверхностных вод целиком в виде таблиц или в форме диаграмм.

В форме гистограмм на карте гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря показаны 29 створов выбранных как основные пункты, по которым можно обнаружить негативные тенденции по качеству вод Узбекистана. Специалисты природоохранных организаций по ним могут получить оперативную информацию по гидроэкологической безопасности Узбекистана за последние 12 лет, использование статистических программ позволило получить прогнозы качества воды, что даже даст возможность управлять качеством поверхностных вод.

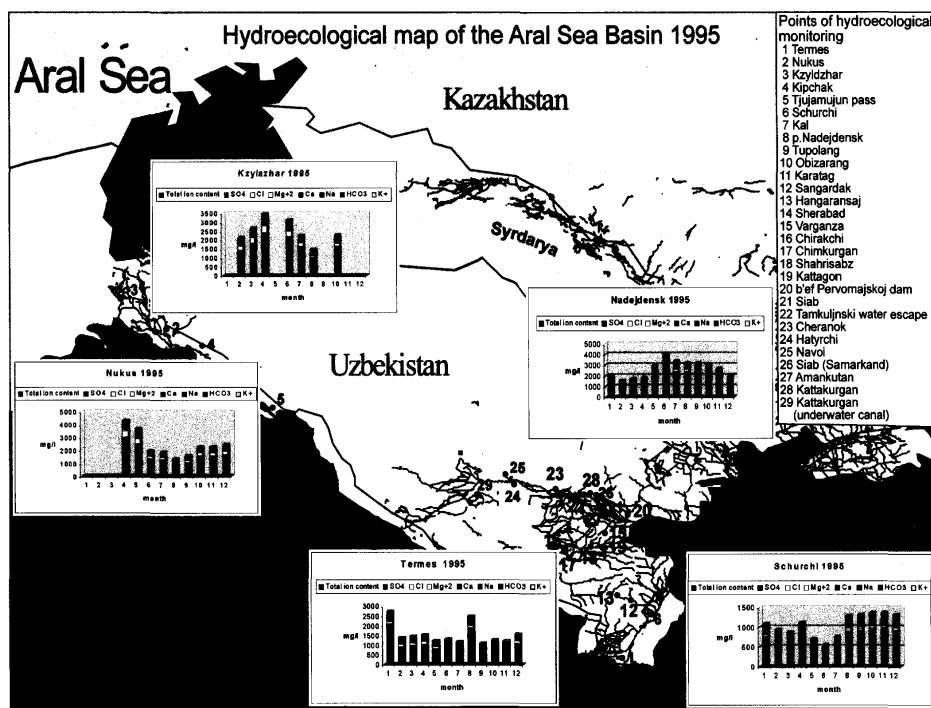


Рис. 1

Пример использования ГИС-технологий в целях гидроэкологической безопасности Узбекистана. Система мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря за 1995 год

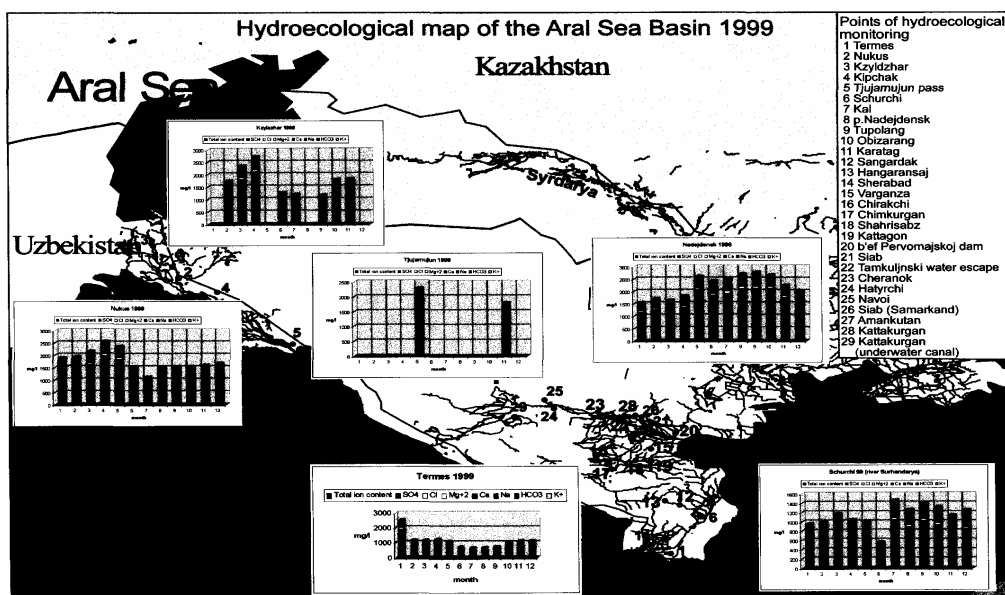


Рис. 2 Система мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря за 1999 год

Прием и обработка первичной информации осуществляется с помощью программы Microsoft Excel. С Microsoft Excel данные переведены в систему DBF, которая совместима с программой Arc-View.GIS 3.1.

В дальнейшей работе произошло улучшение и выход на более высокий уровень всей методики гидроэкологического мониторинга при составлении Системы поддержки решений бассейна Аральского моря на основе ГИС-технологий, созданных в рамках программы проекта ИНТАС - "Методы восстановления и управления водных и тугайных экологических систем северной части дельты реки Амударья.

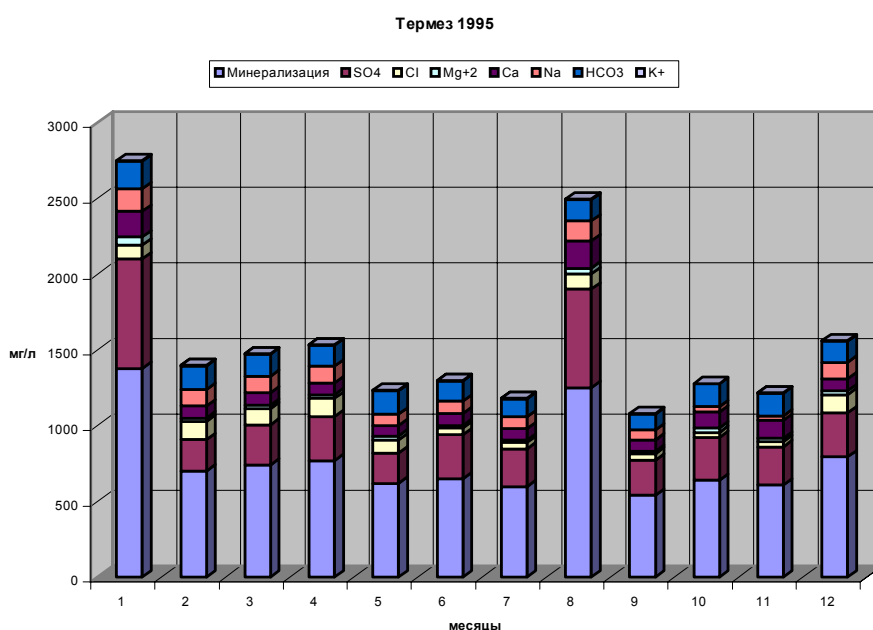
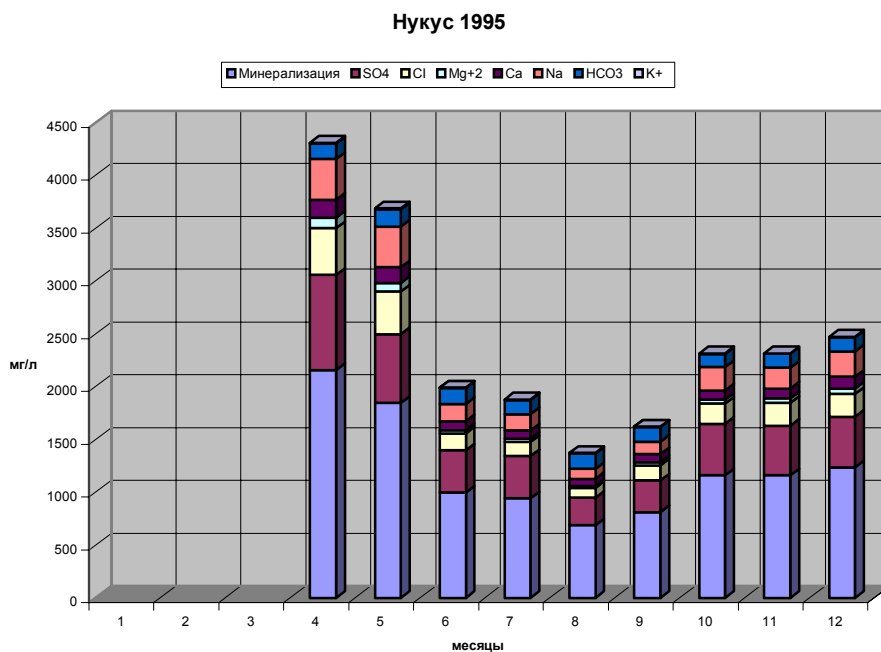


Рис. 3  
Пример гистограмм за 1995 год, створ Нукус и Термез

Объединение результатов различных научных исследований в одну ГИС-базу данных как пространственного инструмента моделирования, который можно использовать для развития сценариев и анализов. Это системы **WP** Ретроспектива водно-солевого баланса реки Амударьи с 1978-2000 год, **Eric** – система распределения в рамках проекта USAID(11-12), **ASBMS** разработанной под руководством проф. X Лиетца в Оснабрюкском Университете. Результаты работы будут выполнены в виде виртуальной системы гидроэкологического мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря за 1980-2002 гг. в более удобной форме для пользователей (на базе ArcView GIS 3.1).

Эта объединенная система стала одной из частей общей системы поддержки решений для анализа дельты Амударьи, на базе которой водопотребляющие и водопланирующие организации могут полу-

чить оперативную и комплексную информацию для принятия ответственных решений по планированию использования водных ресурсов. Поскольку бассейн Аральского моря включает в себя больше чем сотни больших рек расположенных в Узбекистане, Таджикистане, Туркмении и Казахстана, проблема качества водных ресурсов дельты Амударьи затрагивает все вышеперечисленные страны.

В заключительных выводах отображены следующие основные будущие задачи по внедрению передовых подходов к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря:

- установление закономерностей и особенностей развития гидроэкологических процессов в бассейне р. Амударьи и Сырдарьи;

- определить роль гидроэкологического мониторинга качества вод, как обобщенную интегрированную оценку всего комплекса антропогенных и физико-географических факторов влияющих на формирование качества воды;

- разработать гидроэкологическую классификацию учитывающие различные факторы: социодемографические, экономические, гидрохимические и другие особенности влияющие на гидроэкологическую ситуацию;

- установить закономерности распределения загрязняющих веществ в воде двух главных рек бассейна Аральского моря (р. Амударья и Сырдарья);

- разработка некоторых методических приемов обобщения разнородной гидроэкологической информации, включая составление гидроэкологических карт на основе ГИС-технологий.

Использование ГИС-технологий и методики гидроэкологического мониторинга позволит учитывать экологические аспекты при создании системы управления водными ресурсами Аральского моря.

## Литература

1 Насрулин А.Б. Кулматов Р.А. Чембарисов Э.И. Опыт использования статистических методов при мониторинге загрязняющих веществ р. Амударьи / Узбекский журнал "Проблемы механики"-1993. №5. с 22-26.

2 Насрулин А.Б. Экономические проблемы Республики Узбекистан и пути решения гидроэкологических проблем / Экономические проблемы развития Узбекистана (сборник научных трудов). Ташкент: ТГЭУ - Токио: Университет Такушоку. – 1994 с 74-83.

3 Насрулин А.Б. Опыт комплексного подхода к изучению качества воды в р.Амударье / Водосбережение в условиях дефицита водных ресурсов. - Ташкент, САНИИРИ. - 1995. с 71-73.

4 Чембарисов Э.И., Насрулин А.Б., Алимова Д.Ш., Лесник Т.Ю. Гидроэкологические проблемы Республики Узбекистан и пути их решения./ Узбекистан география жамияти ахбороти 18 том, 2-кисм, Ташкент 1997. с 27-29

5 Nasrulin A., Khamzina A. Use of a model based hydroecological monitoring for managing the Aral Sea Basin/ Annual meeting of the American institute of Hydrology and Hydrogeology, Hydrologic Issues of the 21<sup>st</sup> Century; Ecology, Environment and Human Health, November 7-11, 1999 San Francisco, California; p 69-70

6 Насрулин А.Б. Гидроэкологический мониторинг бассейна Аральского моря в целях экологической безопасности - "Водные ресурсы", № 1, 2000, Москва, Россия, с 109-113.

7 Nasrulin Aydar The socio-economic development of Uzbek Republic and the water quality hydroecological monitoring of Aral Sea Basin./ Paris 2000. France, 3-7 July 2000, Proc. 1<sup>st</sup> World Water Congress of the International Water, 76

8 Nasrulin, H. Lieth. Elaboration of Systems Hydroecological Monitoring of Aral Sea Basin./ M. Matthies, H. Malchow & J. Kriz (eds.) Integrative Systems Approaches to Natural and Social Dynamics. Springer-Verlag Berlin, ISBN 3-540-41292-1, appr. August 2001. 249-261

9 Насрулин А.Б. Использование ГИС-технологий в целях гидроэкологической безопасности Узбекистана. – Социально-массовый и научно-практический журнал «Гражданская защита». Узбекистан, Ташкент, № 2. 2002. с 16-19

10 Насрулин А.Б. Захидова М.Р. Опыт создания ГИС-систем гидроэкологического мониторинга бассейна Аральского моря. / Проблемы Механики. № 4. 2002. Ташкент, изд. "Фан" Академии наук Узбекистана. с 38-43.

11 Savitsky, A. (1994). Implementation of a water regime model for description of computer the whole run of the Amudarya river with system the possibilities for the prediction of pollution transport. UNESCO, PARIS.

12 Savitsky, A. McKinney, D.C., (1999).GAMS tutorials for beginners", Central Asian Mission, U.S. Agency for International Development, Tashkent, 81 p.



# ВОЗМОЖНОСТИ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ ПО ОЦЕНКАМ ПОЛЕЙ-ИНДИКАТОРОВ ПРОЕКТА «BEST PRACTICES»

М.Г. Хорст\*, Н.Н.Мирзаев\*, И. Абдуллаев\*\*

\*САНИИРИ им. В.Д. Журина, \*\*IWMI

## Введение

Увеличение производства сельхозпродукции на орошаемых землях является важным фактором устойчивого развития экономики стран Центрально-Азиатского региона (ЦАР), дестабилизирующее воздействие на которое оказывают высокие темпы прироста населения, ослабление экономического потенциала, резкое уменьшение капиталовложений в мелиорацию и водное хозяйство, нарастающий дефицит воды, пригодного к использованию качества.

Очевидно, что решение проблемы продовольственной и экологической безопасности стран ЦАР, расположенных в Бассейне Аральского моря, в обозримой перспективе зависит от существенного повышения эффективности использования местных водных ресурсов через совершенствование, в первую очередь, управления спросом на воду.

Дефицит водных ресурсов пока остается основным стимулом для применения эффективных методов водопользования, повышающих продуктивность использования воды. В маловодные годы эти методы водопользования вынуждены использовать не только водопользователи, постоянно испытывающие дефицит воды (водопользователи конечных участков оросительных систем), но и те водопользователи, которые в силу выгодного положения относительно источников орошения, имеют более благоприятные условия доступа к воде.

В этой связи важно привлечь внимание широкой общественности к проблемам рационального использования водных ресурсов на современном этапе развития ЦАР. Первым шагом, предпринятым в этом направлении, являлась организация и проведение по инициативе проекта «Управление водными ресурсами и окружающей средой» (Глобального экологического фонда) конкурса по водосбережению, проводившегося в бассейне Аральского моря в течение 1999-2000 гг. (Horst & Mirzayev & Stulina, 2002).

Логическим продолжением этой деятельности является совместный проект IWMI и НИЦ МКВК «Best practices» по мониторингу и распространению передового опыта водосбережения инициированного самими водопользователями.

Задачи проекта:

- изучение инициатив водопользователей, предпринимаемых ими с целью водосбережения и продуктивного использования оросительной воды;
- выбор лучших инициированных методов рационального водопользования с целью их пропагандирования и широкого распространения в практике орошаемого земледелия.

Объектами мониторинга на первом этапе проекта (01.04.2001-31.03.2002) являлись расположенные в верховьях, срединной части и низовьях бассейна р. Сырдарьи:

- 11 районных водохозяйственных организаций;
- 7 ассоциаций водопользователей (АВП);
- 18 коллективных хозяйств – колхозы, акционерные общества и т. д.;
- 25 фермерских хозяйств.

В данном докладе основное внимание фокусируется на оценках эффективности орошения и продуктивности использования оросительной воды на 34 полях-индикаторах с хлопчатником – остающейся основной сельхозкультурой в структуре орошаемых земель региона.

## 1. Основные определения термина – «эффективность» при оценках систем орошения

Оценка эффективности систем поверхностного орошения для ее четкой определенности фокусируется в зависимости от цели предпринимаемой оценки. Так, если оценивать эффективность орошения на уровне одного поля, то она и, особенно, в условиях повышенных уклонов, может быть ниже,

чем на уровне хозяйства, так как образующиеся при поливе сбросы, могут использоваться на других полях этого хозяйства. Аналогично эффективность орошения в контурах гидрологических бассейнов аридных регионов, как правило, выше, чем в отдельных хозяйствах (Burt, 1987).

В обзоре, представленном проф. Л.С.Перейрой и его соавторами (Pereira et al., 2002), рассмотрены концептуальные подходы к определению эксплуатационных характеристик орошения, водопользования и водосбережения и предлагается использовать соответствующую унифицированную терминологию в зависимости от целей оценок.

Термину КПД или эффективности оросительной системы или ее подсистемы соответствует соотношение между объемом воды, доставленным рассматриваемой подсистемой и объемом воды, поставленным этой подсистеме (Wolters, 1992; Bos, 1997; Pereira, 1999). Однако, когда целью является совершенствование управления требованиями на орошение и необходимо оценить надежность и гибкость водоснабжения, одного этого понятия эффективности не достаточно.

Часто употребляемым термином эффективности является термин – эффективность использования оросительной воды (WUE). В соответствии с этим термином, эффективность определяется как соотношение между биомассой сельхозкультуры или урожаем и объемом воды, затраченным на сельхозкультуру, включая осадки, или поданной оросительной водой, или транспирацией культуры (Oweis et al., 1998; Zhang et al., 1998; Oweis & Zhang, 1998; Zhang & Oweis, 1999). Причем, иногда термин WUE используется как синоним эффективности использования поливной нормы (AE, %) или эффективности орошения, хотя по смыслу таковым не является.

Во избежание путаницы в используемой терминологии Л.С.Перейра предлагает ограничить использование этого термина лишь в качестве показателя продуктивности растений, применяемого физиологами растений при оценке соотношения между нормами ассимиляции и транспирации. В качестве же термина, характеризующего эффективность орошения по отношению к урожайности сельхозкультур, наиболее соответствует смыслу термин - продуктивность использования воды (WP).

Термину же эффективность орошения, наиболее соответствует, определение его как соотношения между количеством воды, потребляемым орошаемой сельхозкультурой, и количеством воды, поданным в оросительную систему (Лактаев, 1978; Jensen, 1996), делая различие между используемой водой и потребляемой водой.

## 2. Краткая характеристика зон расположения полей-индикаторов

### 2.1. Геоморфологические и гидрогеологические условия

Большая часть орошаемых земель Центральной Азии относится к аридной климатической зоне, характеризующейся большим дефицитом влаги. Таким образом, земледелие в регионе невозможно без орошения. Основное распространение здесь имеют самотечные оросительные системы с незначительным командованием уровней воды над орошаемой территорией (0.3-1.5 м), что обуславливает применение поверхностных способов орошения и главным образом полива по бороздам.

Расположение полей-индикаторов, выбранных в качестве объектов мониторинга, охватывает три вертикальных зоны бассейна реки Сырдарья (рис. 1):

Зона «а», в которой расположена большая часть полей-индикаторов Ошской области Киргизии - классифицируется как подгорная равнина, представленная в геоморфологическом отношении волнистыми равнинами, сложенными главным образом лессовидными породами, на которых в разной степени, определяемой уклоном поверхности, развиты процессы ирригационной эрозии. По уклонам поверхности классифицируется как зона больших уклонов ( $0.0075 \text{ м/м} < i < 0.025 \text{ м/м}$ ; индекс уклона – II). Грунтовые воды залегают глубоко и в водопотреблении сельхозкультур не участвуют.

Зона «б», в которой расположена большая часть объектов Джалалабадской области Киргизии, Ферганской области Узбекистана и Согдийской области Таджикистана - классифицируется, как пологопокатая равнина периферии конуса выноса. По уклонам поверхности классифицируется как зона средних ( $0.0025 \text{ м/м} < i < 0.0075 \text{ м/м}$ ; индекс уклона – III) и малых ( $0.001 \text{ м/м} < i < 0.0025 \text{ м/м}$ ; индекс уклона – IV) уклонов. Грунтовые воды в разной степени приближены к поверхности и влияют на почвообразующие процессы, интенсивность фильтрации из каналов и участвует в капиллярной подпитке корнеобитаемой зоны. В отдельных местах грунтовые воды имеют напорность.

Зона «с», в которой расположены в поля-индикаторы Южно-Казахстанской области Казахстана, классифицируется, как аллювиальная равнина. По уклонам поверхности классифицируется как зона очень малых уклонов или безуклонных земель ( $i < 0.001 \text{ м/м}$ ; индекс уклона - V). По этой причине, для обеспечения запасов в командовании над орошаемой территорией, значительная часть каналов в

этой зоне проводится в насыпях с большим количеством перегораживающих сооружений. При неблагоприятных условиях оттока велика минерализация грунтовых вод, что провоцирует развитие процессов засоления. Грунтовые воды приближены к поверхности, влияют на почвообразующие процессы и участвуют в капиллярной подпитке корнеобитаемой зоны.

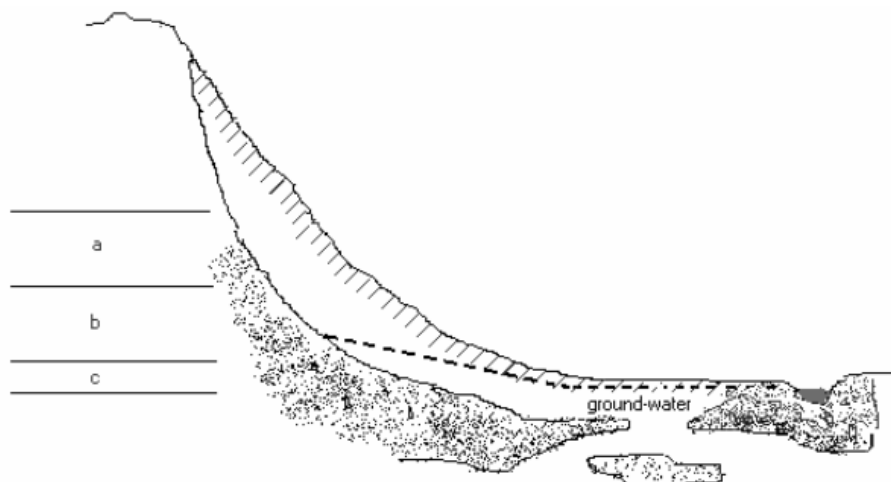


Рис. 1  
Вертикальная зональность орошаемых земель

## 2.2. Особенности проведения вегетационных поливов в различных зонах бассейна р. Сырдарьи

Агротехнические приемы, предшествующие севу хлопчатника - основной сельхозкультуры, представленной на полях-индикаторах, имеют свои специфические особенности, обусловленные как природно-климатическими, так и природно-хозяйственными условиями различных зон бассейна р. Сырдарьи.

На большей части полей-индикаторов Ошской и Джалалабадской областей Киргизии, в зависимости от содержания естественной почвенной влаги через 1-10 суток после сева проводился «вызывной» полив.

На полях-индикаторах Ферганской и Согдийской областей сева хлопчатника и других сельскохозяйственных культур предшествовали влагонакопительные поливы, проводившиеся по глубоким бороздам в феврале-марте нормами 2-4 тыс.м<sup>3</sup>/га. Этот прием позволил «оттянуть» в зависимости от влагоемкости почвогрунтов и залегания уровня грунтовых вод срок начала оросительного периода вегетации на срок от 20 дней до двух месяцев от момента сева.

В Южно-Казахстанской области Казахстана в январе – феврале проводились промывные влагонакопительные поливы по чекам, оконтуренным палами, грузными нормами 4-6 тыс.м<sup>3</sup>/га. Этот прием позволяет опреснить верхнюю толщу почвогрунтов и на фоне влагоемких почвогрунтов, преимущественно распространенных здесь, создать запас влаги необходимый для первых фаз развития хлопчатника. Фактические сроки начала оросительного периода здесь через 3-3.5 месяца после сева.

Соответственно приведенным датам начала вегетационных поливов оросительные периоды изменяются по указанным зонам от 150 (Коллективное Хозяйство(КХ) «Саматов») до 12 (Фермерское Хозяйство (ФХ) «Нурсакен») суток.

На фоне текущей метеорологической ситуации 2001 года количество вегетационных поливов и межполивные периоды зависели от степени влагоемкости почвогрунтов, мощности корнеобитаемой зоны орошаемой сельхозкультуры.

На полях-индикаторах хозяйств, расположенных в зонах глубокого залегания грунтовых вод (Ошская, Джалалабадская области Киргизии и Согдийская область Таджикистана) количество поливов варьировало от 4 до 8, с межполивными периодами от 16 до 28 суток.

В зонах участия грунтовых вод в капиллярной подпитке корнеобитаемой зоны в Ферганской области Узбекистана, количество поливов варьировало от 4 до 5, с межполивными периодами 14 -18 суток.

Наименьшее количество вегетационных поливов при близком залегании грунтовых вод к поверхности на влагоемких почвах Махтааральского района Южно-Казахстанской области. Здесь в вегета-

цию проводилось 1-2 полива в среднюю фазу развития хлопчатника, при двух вегетационных поливах межполивной период изменялся от 6 до 16 суток.

### 3. Проблема водосбережения

Водосбережение – это прежде всего такое гибкое управление требованиями (спросом) на орошение, при котором высвобождающаяся благодаря рациональной организации водопользования вода может быть использована для удовлетворения требований на воду водопользователей, входящих в категорию низководообеспеченных.

Достигается водосбережение комплексом мер технических, технологических и организационно-экономических, которые обеспечивают высвобождение водных ресурсов. В идеале при водосбережении управление водными ресурсами организуется таким образом, что вне зависимости от положения водопользователей относительно ствола основных водоисточников все они в равной степени могут осуществлять свое право на доступ к водным ресурсам приемлемого качества, не ущемляя одновременно требования на воду окружающей природы.

В определенной степени этому способствует введение в ЦАР лимитированного водопользования. Причем, лимиты устанавливаются ежегодно пропорционально текущей водообеспеченности. В этой связи, «реальным» водосбережением правомерно считать лишь сознательное снижение требований на воду относительно выделенных лимитов за счет повышения эффективности систем водоснабжения на всех уровнях от водовыделов из природных водоисточников и до низовых водопотребителей. Практически же на всех уровнях водной иерархии существует диспропорция в осуществлении прав на доступ к воде тех водопотребителей, которые расположены в начале и конце систем водоснабжения. Те из них, которые расположены в начале систем водоснабжения, как правило, забирают воду сверх лимитов, а располагающиеся в конце систем осуществляют «вынужденное» водосбережение, из-за отсутствия физической возможности осуществить свои требования на воду.

Если рассматривать группу хозяйств или оросительную систему бассейна, то более высокая эффективность орошения на этих уровнях в сравнении с отдельными хозяйствами достигается здесь, в основном, за счет использования возвратных вод и «вынужденного» водосбережения водопотребителями, располагающимися в конце систем водоснабжения. По мере продвижения от верховьев к низовьям бассейнов в общей структуре доступных водных ресурсов начинает превалировать составляющая – возвратные воды.

Таким образом, «реальное» водосбережением - сознательное уменьшение требований на воду на фоне отсутствия особых (помимо установленных лимитов) ограничений на доступ к водным ресурсам.

В тех же случаях, когда водопользователь имеет существенные ограничения в доступе к воде (водообеспеченность ниже, установленной лимитом) и вынужден приспособляться к реальной водообеспеченности, правомерно говорить о «вынужденном» водосбережении.

С позиций региональных интересов приоритетно именно «реальное» водосбережение, т.к. оно позволяет высвободить часть водных ресурсов и повысить равномерность их распределения в контурах бассейнов, т.е. обеспечить равенство прав водопотребителей в доступе к воде приемлемого качества.

Система водосбережения в орошаемой земледелии включает в себя широкий круг вопросов: оптимизацию мелиоративных режимов на фоне дренажа и техники полива, агротехнические приемы, повышающие плодородие почв, совершенствование техники и технологии орошения и т.п. Целью водосбережения на орошаемых землях является такое ведение сельхозпроизводства, при котором при рациональных затратах оросительной воды обеспечивается экономически оптимальный уровень урожайности сельхозкультур и соответственно прибыль от сельхозпроизводства.

С этих позиций оценивалась успешность практической демонстрации на полях-индикаторах приемов иницируемых фермерами для улучшения использования факторов сельхозпроизводства и повышения урожайности сельхозкультур (социально-экономический аспект) с одновременным снижением непроизводительных затрат оросительной воды (экологический аспект). Основные из приемов и мер, способствующих водосбережению применяемые на объектах “Best practices” приведены в таблице 1.

Таблица 1  
Способствующие водосбережению приемы и меры, применяемые на объектах “Best practices”

А. Технические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• частичная реконструкция оросительной и коллекторно-дренажной сети;</li> <li>• устройство антифильтрационных покрытий на сети оросительных каналов;</li> <li>• планировка поверхности поливных участков</li> <li>• оснащение водовыделов средствами водоучета</li> <li>• ремонт и дооборудование гидропостов</li> <li>• ремонт и очистка оросительной и коллекторно-дренажной сети</li> </ul>
В. Технологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>• повышение качества водоучета (увеличение частоты замеров, аттестация и градуировка гидропостов)</li> <li>• повторное использование внутриконтурных поверхностных сбросов оросительной воды</li> <li>• повышение качества обработки почвы (увеличение числа культиваций, глубокая вспашка)</li> <li>• повышение плодородия почвы (дифференцированное применение минеральных и органических удобрений, севооборота)</li> <li>• применение мульчирующих-пленочных покрытий гребней борозд</li> <li>• влагозарядковый полив</li> <li>• сокращение длины борозд</li> <li>• «многоярусный» полив по коротким бороздам</li> <li>• полив через борозду (чередование поливаемых и «сухих» междурядий)</li> <li>• полив переменной струей</li> <li>• полив по «встречным» бороздам</li> <li>• использование коллекторно-дренажной воды</li> </ul>
С. Организационные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• платное водопользование</li> <li>• изменение структуры посевных площадей сельхозкультур (выращивание менее влаголюбивых, а также высокоценных видов сельхозкультур)</li> <li>• материальное стимулирование мирабов и поливальщиков за качество полива (премирование, увеличение заработной платы)</li> <li>• организация соревнований среди мирабов и поливальщиков</li> <li>• повышение дисциплины водопользования</li> <li>• организация водооборота на оросительной сети</li> <li>• организация водооборота на поле («сосредоточенный» полив)</li> <li>• организация «ночных» поливов</li> <li>• создание ассоциаций водопользователей</li> <li>• тренинг (повышение квалификации)</li> <li>• семинары по обмену лучшим опытом</li> <li>• методическая помощь фермерам (консультации по практическим и правовым вопросам орошаемого земледелия)</li> </ul>

#### 4. Продуктивность использования воды

В условиях ограниченной водообеспеченности целью орошаемого земледелия является максимизация чистого дохода (стоимость реализованной сельхозпродукции за минусом затрат, сопутствующих ее производству) на единицу поданной на орошение воды.

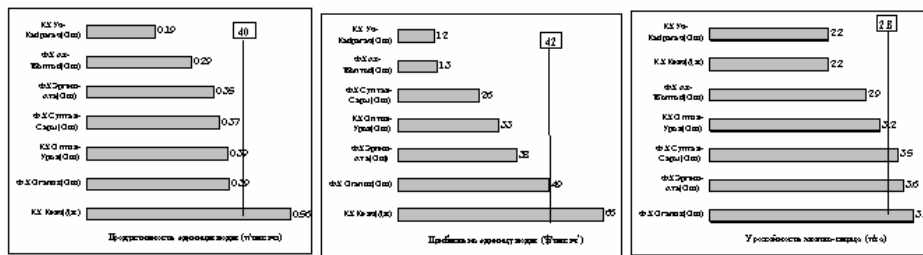
Наряду с показателями: «эффективность оросительной системы или ее подсистемы» и «эффективность орошения», важным показателем в орошаемом земледелии является показатель - продуктивность использования воды (WP). Этот показатель характеризует «оплату» единицы поданной на орошение воды урожаем сельхозкультур в физическом или стоимостном выражении.

Для сопоставимости результатов оценок продуктивности орошения, поля-индикаторы проекта «Best practices» были сгруппированы в четыре зоны по одному из основных признаков, влияющих на специфические приемы организации орошения, - уклону поверхности в направлении полива. Таким образом, были выделены четыре зоны, в пределах которых проводились сравнительные оценки:

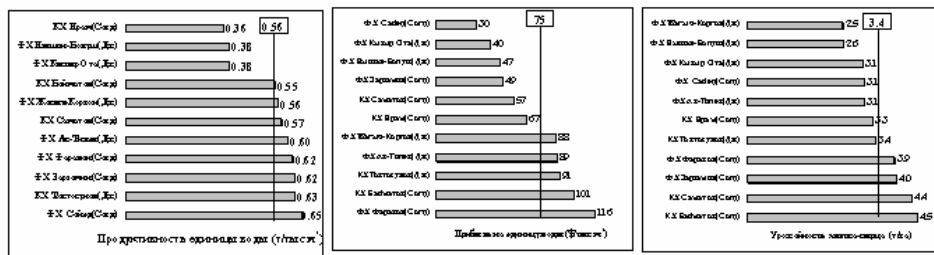
- больших уклонов  $0.0075 \text{ м/м} < i < 0.025 \text{ м/м}$ ;
- средних уклонов  $0.0025 \text{ м/м} < i < 0.0075 \text{ м/м}$ ;
- малых уклонов  $0.001 \text{ м/м} < i < 0.0025 \text{ м/м}$ ;
- безуклонных земель  $i < 0.001 \text{ м/м}$ .

Основными критериями сравнения по продуктивности использования оросительной воды на полях-индикаторах с хлопчатником, расположенных в четырех различающихся уклонами зонах являлись:

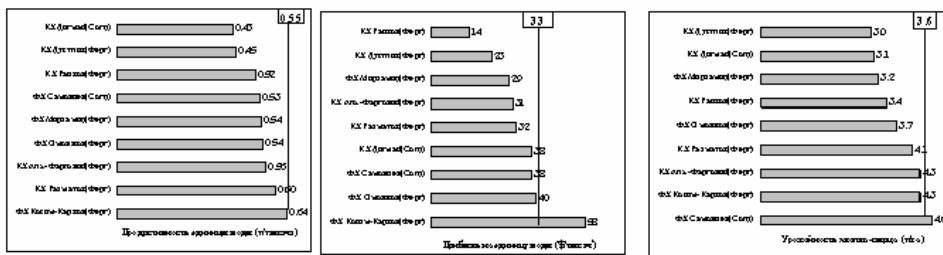
- отношение объема полученной продукции (хлопка-сырца) к валовым объемам оросительной воды, поданной на поле с хлопчатником –  $Y/W$  (т/тыс.м<sup>3</sup>);
- отношение чистой прибыли, полученной в результате сельхоздеятельности к валовым объемам оросительной воды, поданной на поле с хлопчатником –  $Pt/W$  (\$/тыс.м<sup>3</sup>)
- отношение объема полученной продукции (хлопка-сырца) к орошаемой площади (*урожайность*) –  $Y$  (т/га).



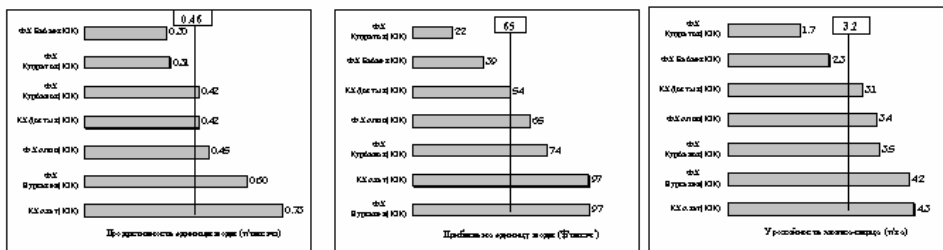
Зона больших уклонов  $0.0075 \text{ м/м} < i < 0.025 \text{ м/м}$



Зона средних уклонов  $0.0025 \text{ м/м} < i < 0.0075 \text{ м/м}$



Зона малых уклонов  $0.001 \text{ м/м} < i < 0.0025 \text{ м/м}$



Зона безуклонных земель  $i < 0.001 \text{ м/м}$

Рис. 2 Ранжирование полей-индикаторов по показателям продуктивности

При комплексной оценке продуктивности орошения за лучшие принимались результаты, при которых одновременно достигались возможные максимумы для всех трех показателей продуктивности. Ограничениями являлись: потенциальная урожайность районированных в регионе сортов хлопчатника, текущая конъюнктура рынка на факторы сельхозпроизводства и сельхозпродукцию, доступность водных ресурсов.

С позиций внутригосударственных интересов приоритет обычно отдается физической продуктивности орошения на единицу поданной на поле воды (Джурабеков и Лактаев, 1983).

Для сельхозпроизводителя приоритетом, прежде всего, является чистая прибыль, которую он получает на единицу поданной на поле воды.

Но наиболее полной, уравновешивающей разносторонние интересы оценкой продуктивности является оценка всех трех показателей в комплексе. С этой целью в каждой из рассматриваемых зон, по каждому из перечисленных показателей определялись средневзвешенные значения, которые служили «планками» сравнения (рис. 2).

Наибольшей «пестротой» значений отличается показатель **Pr/W**, но одновременно он в наибольшей степени характеризует уровень управления гидрологическими, агротехническими и финансовыми факторами сельхозпроизводства на орошаемых землях. Различия этого показателя между прибыльным и менее прибыльным использованием орошаемых земель на полях-индикаторах в пределах рассматриваемых зон достигают 5.5 раз (зона больших уклонов). Безусловно, этот показатель находится под влиянием как зависимых от сельхозпроизводителя факторов, так и от внешних факторов (текущая конъюнктура рынка на факторы сельхозпроизводства и сельхозпродукцию на национальном и мировом уровнях; текущие климатические условия и зависимые от него требования на орошение). Вместе с тем, зональный подход к оценкам дает возможность в некоторой степени уравновесить влияние внешних факторов.

Высокую эффективность по всем трем показателям, превышающие или близкие к средневзвешенным значениям в пределах рассматриваемых зон были продемонстрированы на полях-индикаторах хозяйств, представленных в таблице 2.

Таблица 2

Зональные значения лучших показателей продуктивности орошения на полях-индикаторах проекта “Best practices”

Зоны уклонов	Хозяйства, на полях-индикаторах которых достигнуты наилучшие результаты	Y/W (т/тыс.м <sup>3</sup> )	Pr/W (\$/тыс.м <sup>3</sup> )	Y (т/га)
Большие уклоны	ФХ Огалик (Ошская область, Киргизия)	0.39	49	3.8
	<b>Средневзвешенные показатели зоны</b>	<b>0.40</b>	<b>42</b>	<b>2.8</b>
Средние уклоны	ФХ Фаравон (Согдийская обл., Таджикистан)	0.62	116	3.9
	КХ Токтосунов (Джалалабадская обл., Киргизия)	0.63	91	3.4
	<b>Средневзвешенные показатели зоны</b>	<b>0.56</b>	<b>75</b>	<b>3.4</b>
Малые уклоны	ФХ Косим-Карвон (Ферганская обл., Узбекистан)	0.64	58	4.3
	ФХ Омонжон (Ферганская обл., Узбекистан)	0.54	40	3.7
	<b>Средневзвешенные показатели зоны</b>	<b>0.55</b>	<b>33</b>	<b>3.6</b>
Безуклонные	КХ Азат (Юж.Казахстанская обл., Казахстан)	0.73	97	4.3
	ФХ Нурсакен (Юж.Казахстанская обл., Казахстан)	0.60	97	4.2
	<b>Средневзвешенные показатели зоны</b>	<b>0.46</b>	<b>65</b>	<b>3.2</b>

## 5. Эффективность орошения при вегетационных поливах по бороздам

Эффективность использования оросительной воды во время вегетационных поливов – эффективность орошения рассматривалась применительно к особенностям зон расположения полей-индикаторов. Критерием эффективности орошения, принятым нами при оценках является соизмеримость валовых затрат воды при поверхностном орошении водопотреблению, соответствующему фактически достигнутому уровню урожая (Лактаев, 1978):

$$E_a = (E_{Tcrop(act)} - G_e - W_b - P_e) / W_f \quad (1)$$

где

**Ea** – эффективность орошения [%]; **ETcrop(act)** – фактическое суммарное водопотребление поля с сельхозкультурой, [мм]; **Ge** - подпитывание корнеобитаемой зоны из грунтовых вод, [мм]; **Wb** - использование запасов почвенной влаги, [мм]; **Pe** - эффективные атмосферные осадки, [мм]; **Wf** - общая водоподача (брутто) на поле, [мм].

Критериями с которыми сопоставлялись значения фактической достигнутой эффективности орошения - **Ea** служили значения достижимой эффективности использования оросительной воды на поливах хлопчатника, рассчитанные Н.Т.Лактаевым (Лактаев, 1978) по данным производственных поливов в передовых хозяйствах различных зон региона для уровня урожайности  $Y=3.5$  т/га.

Сравнение требуемого водопотребления на фактический уровень урожайности сельхозкультуры с валовыми затратами оросительной воды в вегетационный период показало следующее:

- В зоне больших уклонов (верхняя часть бассейна р.Сырдарьи) значения фактической достигнутой эффективности - **Ea** на полях-индикаторах изменялись от 25 % (КХ Уч Кайрагач) до 72 % (КХ Кенч). Причем, на обоих этих полях был получен одинаковый урожай хлопка-сырца – 2.2 т/га. Т.е. в первом случае поданная на орошение вода использовалась явно не рационально, а во втором дефицит воды стимулировал повышение эффективности ее использования. Средневзвешенное значение **Ea** для семи полей-индикаторов этой зоны составило – 52 %, при **Ea** =64 %, достижимым в этой зоне (Лактаев, 1978).
- В зоне средних уклонов значения фактической достигнутой эффективности - **Ea** на восьми полях-индикаторах с междурядьем хлопчатника – 0.6 м изменялись от 56 % (ФХ Жагыч-Коргон) до 74 % (ФХ Зарзамин) и на трех полях-индикаторах с междурядьем хлопчатника – 0.9 м изменялись от 50 % (ФХ Кизир-Ата) до 70 % (КХ Байматов). Средневзвешенное значение **Ea** для полей-индикаторов этой зоны с междурядьем 0.6 м составило – 69 %, т.е. близкое к достижимому в этой зоне уклонов **Ea** =68 %. Для полей с междурядьем 0.9 м средневзвешенная эффективность **Ea** была ниже, составив – 55 %. При этом уровень достигнутой урожайности по средневзвешенным оценкам был примерно одинаковым  $Y=3.40-3.47$  т/га в обеих группах хозяйств.
- В зоне малых уклонов значения фактической достигнутой эффективности - **Ea** на пяти полях-индикаторах с междурядьем хлопчатника – 0.6 м изменялись от 48 % (КХ Дустлик) до 80 % (КХ Косим-Корвон) и на трех полях-индикаторах с междурядьем хлопчатника – 0.9 м изменялись от 56 % (КХ Мирхамид) до 80 % (ФХ Самониен). Средневзвешенное значение **Ea** для полей-индикаторов этой зоны с междурядьем 0.6 м составило – 68 %, т.е. ниже достижимого в этой зоне уклонов **Ea** =75 %). Для полей с междурядьем 0.9 м средневзвешенная эффективность **Ea** была ниже, составив – 60 %. При этом уровень достигнутой урожайности по средневзвешенным оценкам составил соответственно  $Y=3.8$  т/га в первой группе и 3.5 т/га во второй группе хозяйств.
- В зоне очень малых уклонов, представленных полями-индикаторами Махтааральского района Южно-Казахстанской области Казахстана на семи полях с междурядьем – 0.9 м и водоподачей в каждую борозду значения **Ea** изменялись от 30 % (ФХ Кудратов) до 85 % (КХ Азат). Средневзвешенное значение **Ea** для полей-индикаторов этой зоны составило – 67 %, т.е. несколько выше достижимых по оценкам Н.Т.Лактаева для этой зоны уклонов **Ea** =63 %. Уровень достигнутой урожайности по средневзвешенным оценкам составил  $Y=3.3$  т/га.

Анализ данных ориентировочных расчетов значений фактической достигнутой эффективности орошения – **Ea** показывает, что из 34 анализируемых полей-индикаторов на 13 (38 %) достигнуты результаты, превосходящие или равные “планке” принятого нами критерия, на 9 (26 %) достигнуты результаты приближающиеся к этой “планке”, а на остальных 12 (35 %) полях-индикаторах эффективность орошения не соответствовала уровню фактически полученного урожая.

Безусловно, вода – лишь один из факторов, влияющих на уровень урожая и только сбалансированность всех прочих факторов может обеспечить соответствие затрат выходу сельхозпродукции. Таким образом, если затраты труда, наличие удобрений, средств борьбы с сельхозвредителями и сорной растительностью и т.п. могут обеспечить уровень урожая хлопка-сырца не более 2.5 т/га, то затраты воды на уровень урожайности 3.5 т/га крайне не рациональны.

## 6. Оценка возможностей водосбережения на полях-индикаторах

Эффекты водосбережения оценивались исходя из приведенных в предыдущих разделах принципов. Следует отметить, что на большинстве полей-индикаторов на фоне пониженной водообеспеченности вегетации 2001 г. снижение затрат оросительной воды было обусловлено двумя факторами:



- Снижением норм водопотребления при поливах через междурядье на 1000-2250 м<sup>3</sup>/га, за счет снижения потерь на физическое испарение с поверхности почвы;
- Снижением потерь на поверхностный сброс и глубинную инфильтрацию за пределы корнеобитаемой зоны на 100-680 м<sup>3</sup>/га (в сравнении с лучшими прежними достижениями в зонах расположения полей-индикаторов) за счет применения рациональных элементов техники полива и поярусного распределения поливных струй.

Результаты средневзвешенной оценки снижения затрат оросительной воды по типизированным зонам расположения полей-индикаторов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Ориентировочная оценка достигнутого снижения водопотребления и возможных резервов водосбережения по данным полей-индикаторов проекта “Best practices”

Зона уклонов	Индекс уклона	Фактическое суммарное снижение (+)/увеличение (-) затрат оросительной воды	Эффективность использования оросительной воды на уровне поля			Ориентировочный резерв водосбережения
			Фактически достигнутая	Достижимая (по оценкам Н.Т.Лактаева)	Разность	
			м <sup>3</sup> /га	%	%	
<b>Междурядье 0.6 м</b>						
Большие уклоны	II	-32	52	64	-12	<b>960</b>
Средние уклоны	III	1646	69	68	1	
Малые уклоны	IV	1640	68	75	-7	<b>300</b>
<b>Междурядье 0.9 м</b>						
Средние уклоны	III	511	55	69	-14	<b>1160</b>
Малые уклоны	IV	1029	60	75	-15	<b>300</b>
Очень малые уклоны	V	105	67	63	4	

Анализ данных таблицы 3 показывает, что на фоне продемонстрированных на полях-индикаторах довольно высоких показателей рационального водопользования в период вегетационных поливов 2001 г. при сравнительно высокой урожайности (относительно средней для региона), имеются возможности для некоторого роста этих показателей. В основном это можно обеспечить применением более рациональных элементов техники полива и повышением качества полива за счет больших трудозатрат.

Основные резервы водосбережения, выявленные по оценкам эффективности использования оросительной воды на полях-индикаторах относятся к зоне **больших уклонов** (верхняя часть бассейна р.Сырдарьи) и **средних уклонов** (при междурядьях 0.9 м). Здесь этот резерв на уровне 900-1200 м<sup>3</sup>/га, т.е. соизмерим с затратами на один вегетационный полив.

### Заключение

В условиях ограниченной водообеспеченности целью орошаемого земледелия является повышение продуктивности использования воды, т.е. максимизация чистого дохода на единицу поданной на орошение воды.

Наиболее полной, уравнивающей разносторонние интересы (региональные-национальные-фермерские), оценкой продуктивности использования воды является оценка следующих показателей в комплексе:

- отношение объема полученной продукции к валовым объемам оросительной воды, поданной на поле –  $Y/W$  (т/тыс.м<sup>3</sup>);
- отношение чистой прибыли, полученной в результате сельхоздеятельности к валовым объемам оросительной воды, поданной на поле -  $Pt/W$  (\$/тыс.м<sup>3</sup>)
- отношение объема полученной продукции к орошаемой площади (*урожайность*) –  $Y$  (т/га).

Вода – лишь один из факторов, влияющих на уровень урожая и только сбалансированность всех прочих факторов может обеспечить соответствие затрат выходу сельхозпродукции. Таким образом, если затраты труда, наличие удобрений, средств борьбы с сельхозвредителями и сорной растительностью и т.п. могут обеспечить уровень урожая хлопка-сырца не более 2.5 т/га, то затраты воды на уровень урожайности 3.5 т/га крайне неэкономичны.

С позиций региональных интересов приоритетно «реальное» водосбережение - сознательное уменьшение требований на воду на фоне отсутствия особых (помимо установленных лимитов) ограничений на доступ к водным ресурсам, т.к. оно позволяет высвободить часть водных ресурсов и повысить равномерность их распределения в контурах бассейнов, т.е. обеспечить равенство возможностей водопотребителей в доступе к воде приемлемого качества.

Предпринятое проектом «Best practices» изучение побудительных мотивов водосбережения показало, что основными факторами, стимулирующими водосбережение в бассейне р.Сыр-Дарья, являются:

- дефицит оросительной воды;
- плата за водные услуги;
- понимание необходимости бережного отношения к воде.

Самым действенным фактором является первый – реальный дефицит оросительной воды.

Влияние второго фактора начало проявляться в последние 5-6 лет, его роль возрастает, но пока недостаточна сильна.

Влияние третьего фактора на протяжении последних десятилетий ослабло в связи со сменой поколений и, нередко, утерей традиционного для жителей региона бережного отношения к воде, как к источнику жизни.

Главное достоинство основных приемов и методов способствующих водосбережению, применяемых в передовых водохозяйственных и сельскохозяйственных структурах бассейна р. Сырдарья, является то, что они не требуют дополнительных капитальных затрат.

Реформирование сельского и водного хозяйства в ЦАР заложило основы для формирования рыночных факторов стимулирования эффективности водопользования. Эти факторы уже проявляют себя, но пока еще слабо на фоне централизованного подхода к управлению водораспределением. Недостаточность общественного участия в управлении водопользованием - это в настоящее время один из главных сдерживающих факторов на пути роста эффективности водопользования в регионе.

## Литература

1. Bos M.G., 1997. Performance indicators for irrigation and drainage. *Irrig. Drain. Syst.* 11(2). 119-137.
2. Burt C.M., 1987. Irrigation evaluations. *Technical Conference Proceedings "Irrigation and the Environment"*// The irrigation Association, Arlington, pp. 107-123.
3. Horst M., Mirzayev N., Stulina G. (2002). Participation in water conservation: Regional monitoring of the II stage of competition. *Ways of water conservation. SIC ICWC & IWMI Publication, Tashkent, 27-135.*
4. Jensen M.E., 1996. Irrigated agriculture at the crossroads. In: Pereira L.S., Feddes R.A., Gilley J.R., Lesaffre B. (Eds). *Sustainability of Irrigated Agriculture. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 19-33.*
5. Oweis T., Zhang H., 1998. Water-use efficiency: index for optimising supplemental irrigation of wheat in water scarce areas. *Zeitschrift f. Bewaesserungswirtschaft* 33 (2), 321-336.
6. Pereira L.S., 1999. Higher performance through combined improvement in irrigation methods and scheduling: a discussion. *Agric. Water Manage.* 40 (2), 153-169.
7. Pereira L.S., Oweis, T., A.Zairi, 2002. Irrigation management under water scarcity. *Agric. Water Manage.* 57, 175-206.
8. SIC ICWC, 2002. Adoption of best practices for water conservation. 2001 year report of SIC ICWC (contract code - #312310). SIC ICWC & IW, 111 pp.
9. Wolters W., 1992. Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use. ILRI Publication No. 51, ILRI, Wageningen, 150 pp.
10. Zhang H., Oweis T., 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agric. Water Manage.* 38, 195-211.
11. Zhang H., Oweis T., Garabet S., Pala M., 1998. Water-use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rain-fed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean type environment. *Plant Soil* 201, 295-305.

12. Джурабеков И., Лактаев Н., 1983. Совершенствование оросительных систем и мелиорации земель Узбекистана. «Узбекистан», Ташкент, 151 стр.

13. Лактаев Н., 1978. Полив хлопчатника. «Колос», Москва, 176 стр.

## МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДОЙ

Н.Н. Мирзаев

САНИИРИ им. В.Д. Журина

### Введение

В условиях орошаемого земледелия, в особенности при дефиците водных ресурсов, эффективность сельскохозяйственного производства и экологическая обстановка окружающей среды в значительной степени зависят от качества управления водопользованием. В ЦАР по принятой еще в советский период методике управление оросительной водой должно происходить в три этапа: 1) составление планов водопользования и водораспределения (ПВ); 2) корректировка ПВ (установление лимитов (квот) на сезон); 3) реализация ПВ<sup>3</sup>.

План водопользования составляется для того, чтобы определить биологический спрос сельхозкультур на воду<sup>4</sup>. Лимиты устанавливаются путем корректировки ПВ в соответствии с официально принятыми принципами (критериями) вододеления<sup>5</sup> и методами водоподачи<sup>6</sup> в зависимости от наличия водных ресурсов. Корректировка ПВ проводится на основе принципа пропорциональности (см. приложение Б). При этом декадные лимиты определяются умножением плановых декадных расходов на коэффициент пропорциональности (лимитной водообеспеченности).

Предметом наших исследований является этап «Реализация ПВ». Цель этого этапа для водохозяйственной организации (райводхоз, УМРК, АВП) заключается в том, чтобы осуществить водораспределение в соответствии с откорректированным ПВ, то есть в соответствии с установленными лимитами.

Для принятия правильных решений по совершенствованию управления водой очень важно знать состояние управления водой на отдельных каналах или на оросительных системах в целом. В практике водопользования для оценки состояния управления водой используются следующие показатели:

- 1) водозабор из источника орошения в ОС (план, лимит, факт);
- 2) водоподача из ОС хозяйствам-водопользователям (план, лимит, факт);
- 3) водообеспеченность ОС и хозяйств-водопользователей (план, лимит, факт);
- 4) коэффициент использования воды (КИВ);
- 5) КПД (эксплуатационный, технический, плановый, фактический); 6) потери воды (организационные, технические) и т.д.

Недостаток вышеизложенных очень важных показателей заключается в том, что они

- статичные, то есть не рассматривают процесс водораспределения во времени (в динамике);
- не достаточно общие, то есть рассматривают отдельные количественные стороны процесса водораспределения, не оценивая *качество управления водой* на оросительных системах в целом.

<sup>3</sup> В ходе реализации ПВ в пределах декады возможна его корректировка на основе заявок ВП.

<sup>4</sup> По ряду объективных и субъективных причин ПВ далеки от совершенства. Однако, тем не менее, следует признать, что они еще не потеряли и не скоро потеряют свое практическое значение. Дело в том, что техника полива и уровень эксплуатации внутрихозяйственной и межхозяйственной оросительной сети таковы, что, если бы мы даже располагали достаточно реальными, экономически обоснованными планами водопользования, то вряд ли качественно могли бы реализовать их в настоящее время.

<sup>5</sup> В мировой практике используются и другие подходы. Ученые рекомендуют использовать следующие критерии: равного относительного ущерба, экономической оптимальности (максимум чистого дохода), социально-экономической и экологической эффективности.

<sup>6</sup> Различаются следующие методы (подходы) водоподачи: программный (лимит подается водопользователям по жестко установленному графику), по заявкам (график водоподачи оперативно корректируется на основании заявок водопользователей).

Интересный подход, посвященный вопросам оценки «качества водораспределения на оросительных системах» предложен Н.Т. Лактаевым [1, 2]. Им принято допущение о том, что о качестве деятельности управления оросительных систем можно судить по степени «соответствия практического вододеления утвержденному плану вододеления» [2].

Настоящая работа выполнена в развитие этого подхода.

Водопользование можно рассматривать как технологический процесс (рис.1), при котором водохозяйственные организации осуществляют забор воды из источников орошения и подачу водопользователям (ВП)<sup>7</sup> посредством оросительных систем.

На практике взаимосвязь между элементами ВХС может быть и, в известном смысле, должна быть более сложной. Так, например, ВП часто берут воду непосредственно из реки, минуя ОС, и от соседних ВП (возвратный сток). Не редко связаны между собой и ИО<sup>8</sup>. Деление элементов ВХС на ИО, ОС, ВП достаточно условное. В зависимости от цели и объекта расчета ИО может служить река, водохранилище, канал (межхозяйственный, межрайонный, межобластной, межреспубликанский), скважина на орошение, коллектор и т.д., а ОС – оросительная система хозяйства (ассоциации водопользователей, района, области, УМРК), магистральный канал. Если объектом расчета является, например, внутриводопользовательная межбригадная оросительная сеть, то водопользователями являются бригады.

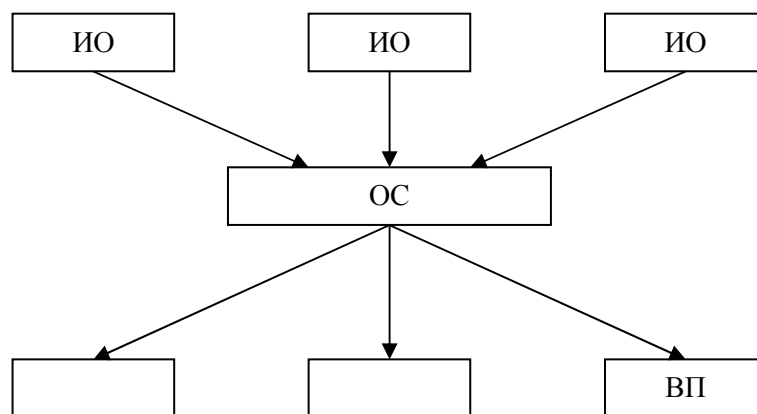


Рис. 1  
Схема управления оросительной водой

ИО - источник орошения;  
ОС - оросительная система;  
ВП - водопользователь.

## Методика расчета

### Основные положения

Так как основная задача ОС заключается в том, чтобы воду, полученную на границе оросительной системы, довести до водопользователей в соответствии с установленным лимитом, то о качестве водозабора (водоподачи) можно судить по степени «близости» фактического графика водозаборов (водоподач) к лимитам (рис. 2).

<sup>7</sup> Субъектами водопользования являются сельскохозяйственные, промышленные, коммунально-бытовые и культурно-развлекательные предприятия (организации). Предлагаемая методика расчета рекомендуется только для сельскохозяйственных водопользователей, так как они являются основными потребителями оросительной воды.

<sup>8</sup> Связующую, «закольцовывающую» роль на системах ЦАР играют, в основном, коллектора, но при этом, однако, теряется командование и ухудшается качество воды.

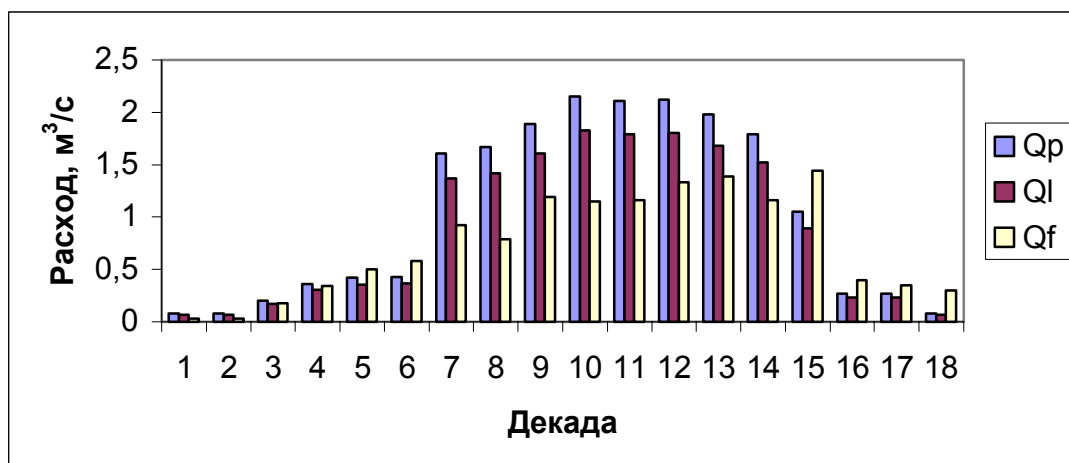


Рис. 2

Диаграмма декадных водоподач в хозяйство (план, лимит, факт)

Для того чтобы оценить степень “близости” фактического водопользования к лимитному за расчетный период (вегетация, невегетация, год, ...) предлагается следующий подход.

Основная расчетная формула имеет вид

$$K = A * R, \quad (1)$$

- где K - коэффициент качества водозабора (КВЗ) из конкретного источника орошения или коэффициент качества водоподачи (КВП) конкретному водопользователю);
- A - интегрированный коэффициент качества водозабора (водоподачи); параметр, зависящий от коэффициента фактической и лимитной водообеспеченности ( $V_f$ ,  $V_l$ ) объекта в целом за расчетный период;
- R - дифференцированный коэффициент качества водозабора (водоподачи); параметр, зависящий от качества водозабора (водоподачи) в разрезе декад и независящий от фактической водообеспеченности в целом за расчетный период;
- $V_f$  - коэффициент фактической водообеспеченности за расчетный период;
- $V_l$  - коэффициент водообеспеченности за расчетный период по лимиту;
- f - признак фактического водозабора (водоподачи);
- l - признак водозабора (водоподачи) по лимиту.

$$A = 1 - \frac{|V_l - V_f|}{V_l} \quad (2)$$

Из формулы видно, что любое отклонение (в большую или меньшую сторону) фактической водообеспеченности от лимитной ведет к снижению значения параметра A и, соответственно максимальное значение параметра A, равное единице, имеет место при

$$V_f = V_l.$$

Значения параметров  $V_f$  и  $V_l$  определяются по формулам

$$V_f = W_f / W_p; \quad (3)$$

$$V_l = W_l / W_p. \quad (4)$$

- где  $W_f$  - фактический сток воды за расчетный период;
- $W_p$  - плановый сток воды за расчетный период;
- $W_l$  - лимитный сток воды за расчетный период.

Дифференцированный коэффициент качества водозабора (водоподачи) равен линейному коэффициенту корреляции и определяется по известной формуле из математической статистики [3].

$$R = \frac{\overline{XY} - \overline{X}\overline{Y}}{\sqrt{[X^2 - (\overline{X})^2][Y^2 - (\overline{Y})^2]}} \quad (5)$$

где  $\overline{XY}$  - средняя из произведений значений признаков XY;  
 $\overline{X}$  - средняя признака X;  
 $\overline{Y}$  - средняя признака Y.

В нашем случае X и Y соответствуют лимитным и фактическим декадным расходам воды в расчетный период, то есть параметрам Q<sub>л</sub> и Q<sub>ф</sub>.

Подытоживая вышеизложенное можно отметить следующее:

- величина параметра K зависит от того на сколько при водозаборе (водоподаче) выдерживаются установленные лимиты в целом на вегетацию и по декадам, то есть на сколько выдерживается принятый сейчас критерий межхозяйственного вододеления: принцип пропорциональности;
- параметр A зависит от соотношения между лимитной и фактической водообеспеченности объекта в целом за вегетацию: чем больше отклоняется значение V<sub>ф</sub> от V<sub>л</sub> в ту или иную сторону, тем меньше значение параметра A. В случае, когда фактическая водообеспеченность водозабора (водоподачи) равна лимитной, параметр A=1 и, соответственно, K=R.;
- параметр R зависит от соотношения между фактическими и лимитными декадными водозаборами (водоподачами) по объекту в течение вегетации;
- параметр R как линейный коэффициент корреляции обладает следующими свойствами. Величина его не изменится, если: а) все значения Q<sub>л</sub> и Q<sub>ф</sub> разделить на произвольную величину (одну для Q<sub>л</sub> и другую – для Q<sub>ф</sub>); б) вычесть из всех значений Q<sub>л</sub> и Q<sub>ф</sub> любые величины (одну - из значений Q<sub>л</sub>, другую - из значений Q<sub>ф</sub>), в том числе и средние значения  $\overline{Q}_л$  и  $\overline{Q}_ф$ ;
- при нормальной водообеспеченности ОС максимальное значение параметра K, равное 1,0 достигается при равенстве плановых, лимитных и фактических декадных расходов воды на границе системы (хозяйства);
- при дефиците воды максимально возможное значение параметра K при данном уровне водообеспеченности достигается при соблюдении принципа пропорциональности.

Чтобы раскрыть сущность подхода, на примере графиков декадных расходов вегетационного периода условного хозяйства рассмотрим варианты расчета коэффициентов качества водоподачи (таблица 1).

Вариант 1. Фактическая водоподача проведена по плану (V<sub>ф</sub> = 1,00), а лимитная водообеспеченность равна 0,85, то есть имеет место несанкционированный перебор воды.

- Расчет параметра A.

$$A = 1 - \frac{|V_l - V_f|}{V_l} = 1 - \frac{|0,85 - 1,00|}{0,85} = 0,82.$$

- Параметр R равен 1,00 (рис. 3).

Таким образом,

$$K = A * R = 0,82 * 1,00 = 0,82.$$

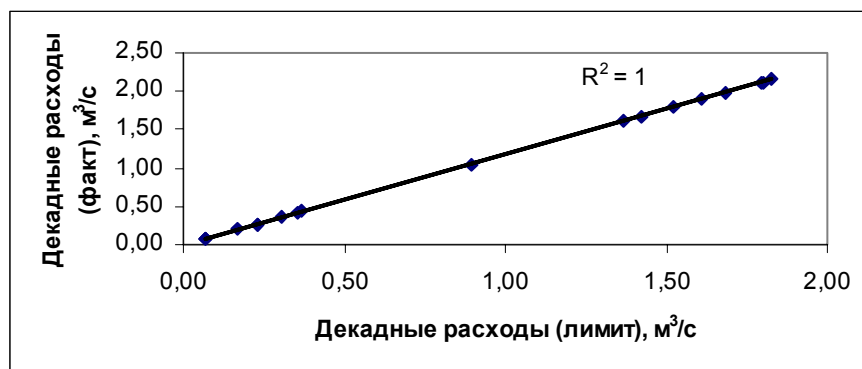


Рис. 3  
Расчет параметра R

Вариант 2. Коэффициенты фактической и лимитной водообеспеченности ( $V_f$ ,  $V_l$ ) хозяйства за вегетационный период составляют соответственно 0,71 и 0,85.

- Расчет параметра A.

$$A = 1 - \frac{|V_l - V_f|}{V_l} = 1 - \frac{|0,85 - 0,71|}{0,85} = 0,83.$$

- Значение параметра R равно 0,90 (рис. 4).

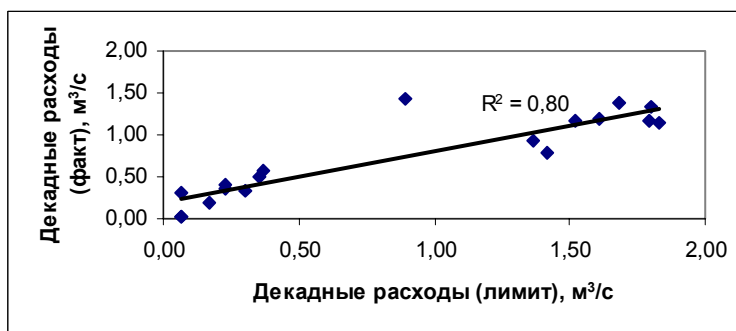


Рис. 4  
Расчет параметра R

Таким образом

$$K = A * R = 0,83 * 0,90 = 0,75.$$

Вариант 3. Фактическая водоподача в хозяйство проведена в соответствии с установленным лимитом на вегетацию, то есть  $V_f = V_l = 0,85$ .

- Расчет параметра A. Так как  $V_f = V_l$ , то  $A = 1$ .
- Значение параметра R равно 1,00 (рис. 5).

Таким образом,

$$K = A * R = 1,00 * 1,00 = 1,00.$$

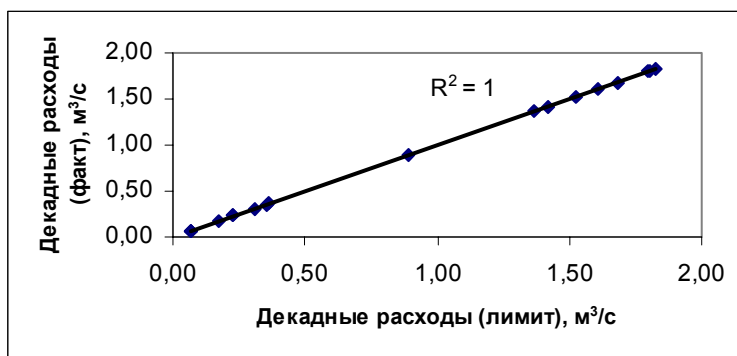


Рис. 5  
Расчет параметра R

### Расчет коэффициента качества водозабора

Расчет коэффициента качества водозабора в ОС ( $K_t$ ) проводится по формулам (1– 5). В качестве исходной информации к расчетам используются декадные значения водозаборов (план, лимит, факт) в ОС за расчетный период.

$$K_t = A_t * R_t, \quad (6)$$

где индекс  $t$  – признак водозабора.

### Расчет коэффициента качества водоподачи

Первый этап — расчет коэффициента качества водоподачи ( $K_{qg}$ ) из ОС каждому водопользователю по формулам (1 – 5). При этом  $X$  и  $Y$  представляют собой соответственно  $Q_{pqd}$ ,  $Q_{fqd}$ , где

- $K_{qg}$  - коэффициент качества водоподачи из ОС  $q$ -му водопользователю;
- $Q_{pqd}$ ,  
 $Q_{fqd}$  - соответственно плановые ( $p$ ) и фактические ( $f$ ) водоподачи  $q$ -му водопользователю в  $d$ -ую декаду;
- $q$  - индекс водопользователя;
- $g$  - признак водоподачи;
- $m$  - общее число ИО у водопользователя (число водовыделов).

Второй этап — расчет коэффициента водоподачи из ОС всем водопользователям по формуле

$$K_g = \sum_{q=1}^n K_{qg} / n, \quad (7)$$

где  $K_g$  - коэффициент качества водоподачи из ОС всем водопользователям;  
 $n$  - число водопользователей, получающих воду из ОС.

### Расчет коэффициента качества управления водой

Коэффициент качества управления водой в оросительной системе определяется по формуле

$$K_c = K_g / K_t, \quad (8)$$

При  $K_g = K_t$  значение  $K_c = 1,0$  и ОС работает хорошо, а отклонения фактических декадных расходов воды от лимитных вызваны внешними факторами. При  $K_c < 1,0$  ВХС работает плохо и отклонения вызваны как внешними факторами, так и внутренними (то есть по вине ВХС). При  $K_c > 1,0$  ВХС работает очень хорошо. Этот случай может иметь место при хорошей организации эксплуатации ОС и при наличии внутри ОС регулирующих емкостей, каналов переброски и повторного использования возвратных вод.



Таблица 1. Исходная информация к расчету коэффициента качества водоподачи

<b>Вариант 1.</b>																					
Показатели		Декадные расходы, м <sup>3</sup> /с																		Средний расход за вегетацию	
		Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь				
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Q <sub>р</sub>	0,08	0,08	0,08	0,2	0,36	0,42	0,43	1,61	1,67	1,89	2,15	2,11	2,12	1,98	1,79	1,05	0,27	0,27	0,08	1,03	
Q <sub>1</sub>	0,07	0,07	0,17	0,17	0,31	0,36	0,37	1,37	1,42	1,61	1,83	1,79	1,80	1,68	1,52	0,89	0,23	0,23	0,07	0,88	
Q <sub>г</sub>	0,08	0,08	0,2	0,2	0,36	0,42	0,43	1,61	1,67	1,89	2,15	2,11	2,12	1,98	1,79	1,05	0,27	0,27	0,08	1,03	
W <sub>р</sub>	16303 тыс. м <sup>3</sup>				W <sub>1</sub> = 13838 тыс. м <sup>3</sup>				W <sub>г</sub> = 16303 тыс. м <sup>3</sup>						V <sub>1</sub> = 1,00			V <sub>1</sub> = 0,85			
<b>Вариант 2.</b>																					
Показатели		Декадные расходы, м <sup>3</sup> /с																		Средний расход за вегетацию	
		Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь				
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Q <sub>р</sub>	0,08	0,08	0,08	0,2	0,36	0,42	0,43	1,61	1,67	1,89	2,15	2,11	2,12	1,98	1,79	1,05	0,27	0,27	0,08	1,03	
Q <sub>1</sub>	0,07	0,07	0,17	0,17	0,31	0,36	0,37	1,37	1,42	1,61	1,83	1,79	1,80	1,68	1,52	0,89	0,23	0,23	0,07	0,88	
Q <sub>г</sub>	0,03	0,03	0,18	0,18	0,34	0,5	0,58	0,92	0,79	1,19	1,15	1,16	1,33	1,39	1,16	1,44	0,4	0,35	0,3	0,74	
W <sub>р</sub>	16303 тыс. м <sup>3</sup>				W <sub>1</sub> = 13838 тыс. м <sup>3</sup>				W <sub>г</sub> = 11630 тыс. м <sup>3</sup>						V <sub>1</sub> = 0,71			V <sub>1</sub> = 0,85			
<b>Вариант 3.</b>																					
Показатели		Декадные расходы, м <sup>3</sup> /с																		Средний расход за вегетацию	
		Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь				
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
Q <sub>р</sub>	0,08	0,08	0,08	0,2	0,36	0,42	0,43	1,61	1,67	1,89	2,15	2,11	2,12	1,98	1,79	1,05	0,27	0,27	0,08	1,03	
Q <sub>1</sub>	0,07	0,07	0,17	0,17	0,31	0,36	0,37	1,37	1,42	1,61	1,83	1,79	1,80	1,68	1,52	0,89	0,23	0,23	0,07	0,88	
Q <sub>г</sub>	0,07	0,07	0,17	0,17	0,31	0,36	0,37	1,37	1,42	1,61	1,83	1,79	1,80	1,68	1,52	0,89	0,23	0,23	0,07	0,88	
W <sub>р</sub>	16303 тыс. м <sup>3</sup>				W <sub>1</sub> = 13838 тыс. м <sup>3</sup>				W <sub>г</sub> = 13838 тыс. м <sup>3</sup>						V <sub>1</sub> = 0,85			V <sub>1</sub> = 0,85			

## Расчет коэффициента эффективности работы ВХС

Интегральная оценка эффективности работы ОС с учетом как количественных, так и качественных аспектов проводится по формуле

где  $K_e$  - коэффициент эффективности работы ОС;  
 $K_u$  - коэффициент полезного действия (КПД) ОС.

### Пример расчета

По вышеизложенной методике проведен расчет показателей водопользования для пяти районных водохозяйственных систем, «прототипами» которых явились три ВХС Согдийской области Таджикистана (ВХС 1, ВХС 2, ВХС 3) и две ВХС Ферганской области Узбекистана (ВХС 4, ВХС 5). Расчетный период – вегетация 2001г. Итоговые результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2  
Показатели эффективности работы ВХС

Показатели	ВХС 1	ВХС 2	ВХС 3	ВХС 4	ВХС 5
$V_{ft}$	0,68	0,64	0,83	1,00	0,82
$V_{lt}$	0,68	0,87	0,80	0,85	0,85
$R_t$	0,88	0,86	0,82	0,85	0,98
$A_t$	1,00	0,74	0,96	0,85	0,96
$K_t$	0,88	0,65	0,79	0,72	0,95
$K_g$	0,48	0,43	0,57	0,61	0,85
$K_c$	0,54	0,66	0,72	0,85	0,89
$K_u$	0,68	0,81	0,83	0,87	0,78
$K_e$	0,37	0,53	0,60	0,74	0,69

Анализ показывает, что

- наиболее высокие значения КВЗ (0,95), КВП (0,85) и КУВ (0,89) имеют место в ВХС 5, а наихудшие показатели по ВХС 1.
- если учитывать как качество управления водой, так и техническое состояние ОС, то лучшей является ВХС 4 (благодаря высокому значению КПД ОС), а худшей – ВХС 1;
- все ВХС имеют резервы для улучшения своей работы. В частности ВХС 5 может это сделать за счет улучшения технического состояния ОС и повышения водообеспеченности, а ВХС 4 может улучшить свои показатели, если не будет забирать воду сверх лимита и будет более справедливо распределять воду между водопользователями.

### Заключение

1. Предложенная методика сравнительной оценки качества управления оросительной водой является инструментом для анализа состояния водопользования перед принятием управленческих решений и оценки эффективности этих решений после их реализации.

2. Использование того или иного показателя зависит от задачи анализа (оценка изменения качества водозабора, водоподачи по годам, сравнительная оценка уровня эффективности работы различных ВХС или различных участков ОС и т.д.).

### Литература

1. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. – М., Колос, 1978.
2. Джурабеков И.Х., Лактаев Н.Т., Совершенствование оросительных систем и мелиорации земель Узбекистана. – Ташкент, Узбекистан, 1983.
3. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе. – М., Статистика, 1979, с. 319-320.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ХОЗЯЙСТВЕННОМ УРОВНЕ

Б.Б. Жексембин, М.М. Мусекенов, Ж.М. Мусекенова

**Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства**

В настоящее время управление водными ресурсами на гидромелиоративных системах осуществляется на трех уровнях, соответствующих трем звеньям оросительных каналов - первого порядка, второго порядка и внутрихозяйственных. На каждом уровне хозяйственные вопросы решаются по-разному. На наш взгляд, в процессе развития будут происходить сближение и объединение структур управления на всех трех уровнях. Организационно-структурное совершенствование системы управления водохозяйственным комплексом должно быть направлено на четкое разделение ответственности на национальном и местных уровнях. При этом основным принципом является создание условий для проведения общенациональной политики в воспроизводстве и рациональном использовании водоземельных ресурсов.

Негативное влияние на состояние оросительных систем оказало то, что в ходе проведения разгосударствления и приватизации государственных сельскохозяйственных предприятий, ирригационные и дренажные системы, ранее находившиеся на балансе этих хозяйств, были исключены из состава имущества, включаемого в паи членов трудовых коллективов. После перехода сельскохозяйственных предприятий в частную форму эти системы были сохранены в государственной собственности.

Бывшие каналы внутрихозяйственного значения в колхозно-совхозный период во многих случаях находились на балансе хозяйств, которые их содержали и использовали. В ходе приватизации в сельскохозяйственном секторе изменился статус этих систем. В зависимости от выбранной формы собственности (коллективной, акционерной, кооперативной и частной, крестьянско-фермерской) и от регионов орошения, складываются различные подходы к юридическому статусу этих каналов. В настоящее время ирригационные и дренажные системы, ранее находившиеся на балансе хозяйств, практически остались бесхозными, так как государством не выделяется достаточно средств на поддержание их в рабочем состоянии.

При сохранении принципа коллективного труда (например, производственный кооператив) многие из них на себя брали обязательства по содержанию внутрихозяйственных каналов. Это больше характерно для ирригационных систем, где орошение является доминирующим фактором сельскохозяйственного производства, и выращиваются в основном влаголюбивые культуры. С другой стороны, когда бывшее крупное хозяйство распалось на несколько мелких хозяйств, часто возникают вопросы о статусе ранее внутрихозяйственных, ныне ставших «межхозяйственными» каналов. Особенно остро стоит проблема их содержания и эксплуатации.

Обеспечение защиты прав частных собственников по водопользованию и эксплуатации оросительных и дренажных систем общего пользования возможно путем создания Объединения (ассоциации) водопользователей (ОВП). Учитывая, что наибольшие потери воды сосредоточены на поле и при ее распределении между новыми приватизированными крестьянскими хозяйствами и другими сельхозформированиями, наряду с платным водопользованием создание ОВП является важнейшим механизмом упорядочения водопользования, водосбережения и одной из важнейших мер по повышению управляемости и эффективности использования воды на низшем водохозяйственном уровне. Однако государство должно оказать помощь ОВП на этапе их становлению, в частности, в вопросах организации водоучета (например, оснащение водомерными сооружениями и устройствами), частичного погашения платы за воду и др.

Рациональное использование водных ресурсов в зоне орошаемого земледелия требует совершенствования механизма хозяйствования. ОВП, как правило, создаются по инициативе водопользователей. Как показывает практика, для эффективной работы оросительных магистральных каналов и рационального распределения поливной воды ОВП должно включать не только крестьянские хозяйства, но и всех водопользователей орошаемого массива, площадь которого может составлять десятки тысяч гектаров. Создание эффективно действующих ассоциаций водопользователей позволит более экономно использовать поливную воду, доступными средствами содержать фермерские гидротехнические сооружения и своевременно проводить на них ремонт. В свою очередь, это обуславливает необходимость перехода к децентрализации и передаче управления оросительными системами от госу-

дарственных учреждений местным организациям с тем, чтобы способствовать устойчивости их работы.

Реформирование и реструктуризация сельского хозяйства являются главными причинами необходимости создания ОВП. Если в республике на 01.01.1993 г. насчитывалось 2055 совхозов, 452 колхоза, 837 сельскохозяйственных кооперативов, 622 малых сельскохозяйственных предприятий и 9262 крестьянских фермерских хозяйства, то на 01.01.1999 г. число фермерских и крестьянских хозяйств достигло 81698, из них 21254 имеют функции водопользователей. По Жамбылской области на 1.11.2000 г. общее количество собственников и землепользователей составило 32197 (общая площадь 7889,5 тыс.га), из которых 17520 имеют орошаемые земли общей площадью 198,1 тыс.га.

Процесс создания водопользователей в Жамбылской области характеризуется данными нижеследующей таблицы.

Таблица

Наличие объединений водопользователей Жамбылской области (по состоянию на 01.01.2002 г.)

Административный район	Количество ОВП		Обслуживаемая площадь, тыс.га	Количество КХ, ТОО в составе ОВП
	всего	в т.ч. юрид.зарег.		
Байзакский	8	5	29,15	795
Жамбылский	11	8	8,42	267
Жуалынский	-	-	-	-
Кордайский	11	9	10,40	35
Т.Рыскулова	1	1	0,54	
Меркенский	10	6	1,58	110
Мойынкумский	2	2	3,17	123
Сарысуский	1	1	4,94	246
Таласский	4	4	Фактически не были задействованы	
Шуский	6	5	8,82	778
Всего в области	54	41	67,02	2380

Система управления водным хозяйством значительно трансформировалась. Сельское и водное хозяйства испытывают серьезные трудности. Экономический спад привел к разрушению и дезинтеграции ирригационной инфраструктуры до критически опасного предела, сократились работы по очистке каналов, ремонту плотин и шлюзов, техники и ирригационных систем, сельскохозяйственного оборудования.

Выход из создавшегося положения видится в совершенствовании механизма хозяйствования на орошаемых землях.

## УПРАВЛЕНИЕ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЕМ КУЛЬТУР РИСОВОГО СЕВООБОРОТА

Г.А. Тулебаева

### Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства

Как известно, эксплуатация рисовых оросительных систем при сельскохозяйственном производстве в вегетационный период заключается в обеспечении водоподачей и поддержании заданного водного режима на поливных участках.

При орошении риса используются устройства гидравлического действия, обеспечивающие поддержание требуемого слоя воды в чеках. Однако эти устройства не предусмотрены для орошения сопутствующих культур.

Полив сопутствующих культур производится периодически различными способами и техникой в зависимости от зоны возделывания, почвенно-мелиоративных условий и других факторов. Результаты исследований показали, что нормы орошения сопутствующих культур значительно превосходят расчетные. Превышение оросительных норм обуславливается отсутствием водомерности и средств

регулирования при орошении сопутствующих культур на рисовой оросительной системе, где водорегулирующие устройства предназначены для автоматизации процессов водораспределения при орошении риса. В этой связи целесообразно расширить функциональные возможности авторегуляторов рисовых чеков с целью использования их при поливе сопутствующих культур. При этом необходимо подать заданную норму с высокой равномерностью увлажнения.

В КазНИИВХ выполнены исследования (1) по автоматизации орошения риса. С целью создания автоматизации водораспределения при орошении сопутствующих культур нами расширены функциональные возможности технических средств гидроавтоматики.

Так как при орошении сопутствующих культур растекание подаваемой воды происходит по поверхности чеков, спланированных под горизонтальную поверхность возникает необходимость обеспечения форсированных расходов с целью залива поверхности чека за короткий период. Для реализации указанной задачи разработан авторегулятор (рис.1). Устройство включает водовыпуск 1, перекрываемый затвором 2, рычаг 3 которого закреплен к валу 4, являющемуся горизонтальной осью вращения. Рычаг 5 крепится к нему же и опирается другим концом на поплавок 6. Поплавок 6 расположен в камере гидроусиления 7, имеющей водослив 8, соединенной трубопроводом 9 верхним бьефом. Выходное отверстие трубопровода 9 перекрывается клапаном 10, связанным штоком 11 через коромысло 12 на шарнирной опоре 13 с поплавковым датчиком 14, фиксируемым болтом на штоке 15. Поплавковый датчик 14 размещается в следящей камере 16, сообщенной с нижним бьефом. Задающий элемент состоит из часового механизма 17, установленного на корпусе устройства с фигурным кулачком 18, который взаимодействует с фиксатором 19. Фиксатор 19 закреплен на шарнире 20, другой конец закреплен за коромысло 12. Фиксатор 19 снабжен пружиной 21.

Устройство работает следующим образом. Фиксатор 19 оттягивают и зацепляют за коромысло 12, тем самым закрывая выходное отверстие трубопровода 9 клапаном 10. Часовой механизм устанавливают таким образом, чтобы время срабатывания задающего элемента было согласовано с другими устройствами, подвешенными к одному оросителю. Поплавковый датчик 14 устанавливают на требуемый уровень поддержания слоя. Из-за закрытого положения клапана 10 вода не поступает в камеру гидроусилителя 7 и затвор находится в закрытом положении. При наступлении времени затопления регулируемого чека фигурный кулачок 18, поворачиваясь воздействует на фиксатор 19, освобождая от зацепления коромысло 12. Под действием пружины 21 фиксатор 19 оттягивается, а коромысло 12 под весом поплавка датчика 14, перемещаясь посредством штока 11, поднимает клапан 10, обеспечивая поступление воды из верхнего бьефа по трубопроводу 9 в камеру гидроусилителя 7. Уровень воды в камере гидроусилителя, поднимаясь увлекает за собой поплавок 8, который воздействует на рычаги 5, 3, что обуславливает перемещение затвора 2 и открытие водопропускного сооружения 1. Форсированный расход, поступая в чек, заполняет его. При наполнении чека до требуемой отметки поплавок датчик воздействует на клапан, снижает поступление воды в камеру гидроусилителя, что вызывает перемещение затвора и снижение расхода поступления воды в чек. В дальнейшем работа устройства происходит в режиме поддержания слоя воды в чеке.

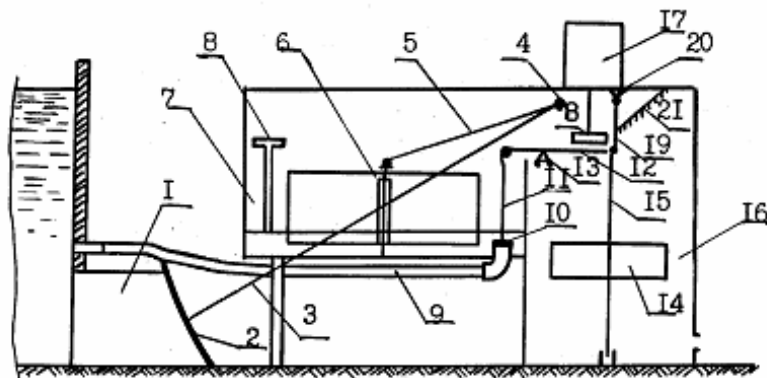


Рис. 1

Регулятор форсированного затопления с фиксацией времени срабатывания

Основным требованием при орошении периодически увлажняемых культур является внесение требуемых объемов поливных норм. Для реализации данной задачи предложено устройство (рис. 2).

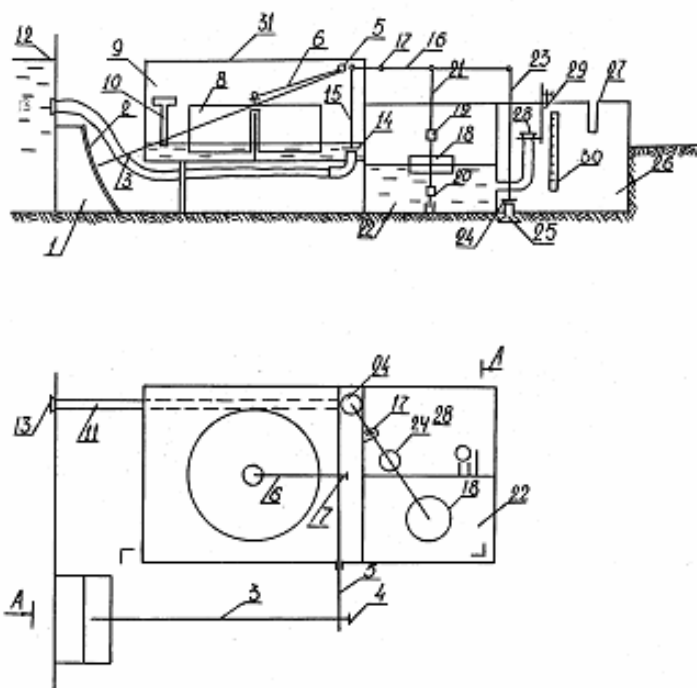


Рис.2  
Регулятор для периодического орошения

Устройство включает трубчатый водовыпуск 1, перекрываемый криволинейным затвором 2, рычаг 3 которого крепится стопорным болтом 4 к валу 5, являющемуся горизонтальной осью вращения. Рычаг 6 крепится к нему же стопорным болтом 7 и опирается другим концом на поплавок 8. Поплавок 8 расположен в камере 9 гидроусилителя имеющего водослив 10, соединенный трубопроводом 11 с верхним бьефом 12. Входное отверстие трубопровода 11 имеет сороудерживающую решетку 13, а выходное перекрывается клапаном 14. Клапан 14 через шток 15 и коромысло 16, закрепленное на опоре 17 связан с поплавком датчиком 18. Поплавок датчик 18 свободно размещен между фиксаторами 19, 20, на штоке 21 и находится в камере испарителя 22. В свою очередь датчик 18 связан через коромысло 16 и шток 23 с клапаном 24, перекрывающем сливное отверстие 25 водомера 26. Водомер 26 имеет водослив 27, оголовок 28, соединенным гибким трубопроводом с испарителем. Оголовок 28 крепится к направляющей 29, устанавливаемой по шкале 30. Камера гидроусилителя 9 закрывается крышкой 31.

Устройство работает следующим образом.

Перед поливом оголовок 28 устанавливают по шкале 29 на отметку, соответствующую требуемому объему водоподачи на поле. На этом же уровне устанавливается верхний фиксатор 19, а нижний фиксатор 20 на уровне, соответствующему значению суммарного водопотребления орошаемой культуры. Поплавок датчик, свободно расположенный между фиксаторами, опираясь на нижний фиксатор воздействует через штоки 21, 15 и коромысло 16 на клапан 14. В результате клапан, поднимаясь открывает выходное отверстие питающего трубопровода 11. По мере поступления воды в камеру гидроусилителя 8 уровень воды в ней увеличивается, одновременно увлекая за собой поплавок 8. Поплавок 8, воздействуя через рычаги 6, 3, поднимает затвор 2, обеспечивая поступление воды в чек. Вода, растекаясь по поверхности чека также поступает через водослив 27 в водомерную камеру 26. После подачи требуемого объема воды на чек вода, переливаясь через оголовок 28, поступает в испаритель 22. В результате подъема уровня воды в ней поплавок датчик 18 поднимается вверх до верхнего фиксатора 19 и воздействует через штоки и коромысло на клапан 14, закрывая отверстие питающего трубопровода 11, и клапан 24, открывая сливное отверстие 25 водомерной камеры 26. Вода в камере гидроусилителя 9, вытекая через водосливное окно 10, опускает поплавок 8 и закрывает затвор 2, прекращая поступление воды в чек. Вода, находящаяся в водомере 26 через сливное отверстие

25 просачивается в почву. В результате испарения уровень воды в камере 22 снижается, одновременно с которой опускается поплавок 18. Поплавок датчик в результате испарения, опускаясь, достигает фиксатора и воздействуя на шток 21 посредством коромысла 16, открывает клапан 25. Процесс работы устройства повторяется в вышеизложенной последовательности. Свободный ход поплавка датчика 18 между фиксаторами 19, 20 назначается в соответствии с суммарным водопотреблением орошаемой культуры в межполивной период.

Одной из важных задач при поверхностном орошении является обеспечение равномерного увлажнения почвогрунтов, что затруднительно выполнить на рисовых чеках ввиду их спланированности под горизонтальную поверхность. Поэтому нами предложен способ полива сопутствующих культур (а.с. 1155200). Способ включает нарезку на поверхности чека щелей и подачу по ним воды. Щели нарезают с последовательным увеличением их глубины от оросителя к краю чека. В зависимости от схемы полива, почвенных условий и площадей чеков устраивают временные оросители, которые могут быть проложены посередине чека или вдоль границы. При поливе вода через временный ороситель попадает в нарезанные щели. При этом одновременно с продвижением воды по уклону щели происходит ее впитывание как вниз так и в боковом растекании. Таким образом, предложенные технические решения направлены на рациональное использование оросительной воды на рисовых системах.

Вопросы механизации и автоматизации водораспределения при орошении риса и сопутствующих культур особенно важны в настоящее время, в условиях создания фермерских хозяйств и введения платного водопользования, когда новые агроформирования испытывают значительные материально-технические затруднения. Кроме того, экономное и рациональное использование воды благоприятно сказываются на мелиоративном состоянии орошаемых полей.

### **Литература**

1. Жулаев Р.Ж., Атшабаров Н.Б. Авторегулятор водовыпуска в рисовые чеки /Водозабор и водораспределение на оросительных системах, автоматизированные средства гидроавтоматики/ Сборник научных трудов Кирг. СХИ им. К.И.Скрябина, Фрунзе, 1984 – с. 159-168.
2. А.С. №1491948 «Устройство для регулирования уровня воды в рисовом чеке».
3. А.С. № 1483010 «Устройство для регулирования воды в каналах».
4. А.С. № 1155200 «Способ полива сопутствующих культур рисового севооборота».

## **ТЕХНОЛОГИИ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ, УЛУЧШАЮЩИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ УЗБЕКИСТАНА**

**А.В. Новикова, З.И. Цой, С.Р. Каримов**

**САНИИРИ им. В.Д. Журина**

Основа орошаемого земледелия – это своевременное и качественное проведение поливов, обеспечивающих, в комплексе с другими агротехническими мероприятиями получения устойчивых высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

В условиях острого дефицита водных ресурсов важнейшими вопросами водохозяйственной деятельности является рациональное их использование, выявление непроизводительных потерь, оптимизация водораспределения.

Наиболее распространенным способом полива пропашных культур является поверхностный: по полосам, по бороздам, по чекам и «диким напуском».

Основным достоинством полива по полосам, особенно широким (25-50 м), является увеличение производительности труда поливальщика (до 2-3 га/смену). Поливальщик при этом может управлять поливным током в 150-200 л/с на сравнительно узком фронте полива.

Техника полива по полосам проста, однако равномерное распределение воды по площади полива достигается только при тщательной планировке. К отрицательным сторонам этого полива /1/ относятся разрушение структуры почвы, образование сплошной корки, препятствующей свободному дос-

тупу воздуха в почву, уплотнение верхнего почвенного слоя после каждого полива за счет кольматации почвенных пор илистыми частицами, большой расход оросительной воды по сравнению с поливом по бороздам и дождеванием (в 1,5-2 раза). Переувлажнение и уплотнение почвы, а также образование на ней корки, временно подавляют жизнедеятельность аэробных организмов, и, следовательно, периодически ухудшают воздушное питание растений.

Наиболее прогрессивной является технология поверхностного полива рассредоточенным поливным током с дискретной (прерывистой) подачей воды в борозды или полосы. Основным преимуществом технологии дискретного регулирования водоподдачи является достижение высокой равномерности увлажнения по длине борозд, сокращение, а в определенных условиях - полное исключение непроизводительных поверхностных сбросов.

Достигается этот эффект соответствующим подбором элементов техники полива (длина борозд, расход воды в борозду, длительность добега и длительность доувлажнения, количество циклов и их длительность). Преимущества этой технологии могут быть полностью реализованы на поливных участках, спланированных под наклонную плоскость с одинаковым уклоном по длине гона, то есть не менее 300-400 м, при использовании поливных устройств с относительно высокой равномерностью раздачи поливных струй по фронту полива и специальных устройств, обеспечивающих попеременное (по специальной программе) переключение расходов, подаваемых в поливное устройство. Эффективность регулирования дискретной водоподдачи проявляется при поливе по широким (междурядье не менее 0,9 м), глубоким (глубина не менее 0,25 м) и тупиковым бороздам, допускающим подачу поливных струй, превышающих в 1,5-2 раза рекомендуемые оптимальные их значения при поливе постоянной струей.

Одним из перспективных направлений в настоящее время является технология полива через борозду, позволяющая уменьшить норму водоподдачи за счет снижения объемов сброса оросительной воды, сокращения потерь на испарение и фильтрацию.

Применение технологии полива через борозду и совершенствование элементов техники полива обеспечит сокращение норм водопотребления и водоотведения, повысят водообеспеченность орошаемых земель, а, следовательно, урожайность сельскохозяйственных культур.

Равномерность полива, то есть качественное его проведение достигается подачей в каждую борозду примерно равного количества воды. Равномерность распределения воды из выводной борозды и временного оросителя достигается путем их разбивки на отдельные отсеки и поддержания определенного уровня в каждом отсеке при помощи переносных парашютных перемычек, шандоров, земляных кулаков (каскадный метод полива).

Для армирования оголовков борозд и нормирования подачи воды в поливные борозды, наряду с чимом и полиэтиленовыми салфетками, целесообразно применять средства малой механизации поверхностного полива: поливные трубки, сифоны, щетки, перегораживающие парашютные перемычки, оголовки, сифоны, неразряжающиеся сифоны.

Таким образом, достоинствами полива культур сплошного сева по засеваемым и не засеваемым бороздам являются:

- экономия поливной воды (до 30 %);
- повышение равномерности полива по площади участка (15-20 %);
- возможность оптимального согласования элементов техники полива и элементов орошения путем выбора соответствующего расстояния между бороздами;
- обеспечение применения средств малой механизации;
- улучшение условий работы поливальщика и увеличение его производительности;
- обеспечение единства техники полива всех культур севооборота при их смене (ротации) на поливном участке, что гарантирует применимость для этого единой и однотипной поливной техники.

Для участков земель с горизонтальной поверхностью (Каракалпакстан, Хорезмская область Узбекистана) применяется встречный полив по безуклонным бороздам из однодамбовых оросителей. Размеры поливного участка определяются минимальным объемом планировочных работ и колеблется в пределах: длина 380-500 м, ширина 180-220 м (7-11 га). Поля планируются под нулевую отметку и поливаются одновременно из двух однодамбовых оросителей (встречный полив) со следующими расходами в борозду: 0,8 л/с при слабой водопроницаемости, 1,0 л/с при пониженной водопроницаемости и 1,2 л/с при средней водопроницаемости.

Участковый (однодамбовый) ороситель имеет треугольное сечение, глубина его 0,25-0,30 м от поверхности поля. Откос со стороны дамбы 1:5, со стороны поля 1:23. Продольный уклон однодамбово-



го оросителя 0,0001. Однодамбовый ороситель при междурядной обработке используется в качестве разворотной полосы для почвообрабатывающих механизмов.

Пропускная способность однодамбового оросителя 200-250 л/с.

При технологии полива по безуклонным бороздам из однодамбовых оросителей достигается равномерность распределения влаги по всему участку, полностью отсутствуют потери на сброс и глубинную фильтрацию. При автоматизированном поливе роль обслуживающего персонала сводится к назначению гидроавтоматам заданного уровня по их пуску и периодическим осмотрам.

Производительность полива на одного поливальщика составляет 8 га за одну смену (при бороздковом поливе по уклонным бороздам 1,0-1,5 га смена)

При поливе хлопчатника по бороздам с заданным уклоном объем планировочных работ гораздо больше (в 2-3 раза), чем при поливе безуклонных участков.

Возрастающий дефицит оросительной воды в Республике Узбекистан вынуждает проводить работы по поиску водосберегающих технологий, таких как капельное и внутрпочвенное орошение.

В нашей республике опытное внедрение систем капельного орошения осуществлялось с середины восьмидесятых годов, в первую очередь для полива садов и виноградников.

Промышленное внедрение систем капельного орошения начато с 1987 года, когда была создана индустриальная база по выпуску всего комплекса системы капельного орошения и осуществлено районирование территории Республики по условиям первоочередного применения этих систем.

В соответствии с этим районированием институт «Уздавсувлыйиха» запроектировал применение систем капельного орошения садов и виноградников на площади более 30 тыс.га, а начиная с 1992 года системы капельного орошения хлопчатника запроектированы на площади более 800 га, в т.ч. на площади более 400 га запроектированы израильские системы капельного орошения согласно Постановлению Кабинета Министров Республики Узбекистан № 518 от 11.12.98 г.

Всего, за период с 1987 г по 1998 г построены системы капельного орошения на площади 5 тыс.га, из которых в настоящее время функционируют системы на площади около 650 га.

Необходимо отметить, что системы капельного орошения по многим своим показателям приближаются к идеальному типу техники орошения. т.к. наиболее полно соответствуют требованиям сельскохозяйственного производства.

Основные преимущества капельного орошения с точки зрения удовлетворения сельхозпроизводства в следующем:

- снижение водоподдачи и приближение ее величины к водопотреблению растений;
- исключение потерь оросительной воды на сброс и глубинную фильтрацию и доведения КПД техники полива до максимально- возможного значения – 0,96-0,98;
- высокое качество технологического процесса полива за счет равномерного распределения воды по всей орошаемой площади без нарушения структуры и ухудшения водно-физических и физико-механических свойств верхних горизонтов почвы;
- возможность изменения водоподдачи в зависимости от погодных условий года в широком диапазоне (от 30 до 300 м<sup>3</sup>/сутки) на протяжении вегетации;
- дозированное внесение вместе с поливной водой минеральных удобрений, микроэлементов, хим-мелиорантов для восстановления и повышения естественного плодородия почвы;
- оперативное управление поливом, оптимизация и строгое выдерживание сроков и норм полива с учетом складывающихся погодных условий на основе использования средств автоматизации и микропроцессорной техники.

Экономия оросительной воды при использовании систем капельного орошения, по сравнению с бороздковым поливом составляет:

для полива садов – 60 %

для полива виноградников – 50 %

для полива хлопчатника – 35-40 %

При этом улучшается качество продукции и повышается урожайность в следующих пределах:

садов – 35-40%

виноградников - до 50 %

хлопчатника - 25-30 %

Однако необходимо считаться с тем, что системы капельного орошения являются наиболее капиталоемкими и энергоемкими и предъявляют повышенные требования к качеству оросительной воды по содержанию в ней взвесей, солей и зоофитопланктона.

Стоимость материалов, оборудования и строительства систем капельного орошения составляет: садов – 1500, виноградников-2000, пропашных культур-до 3000 долл/га, а Израильских систем до – 6 тыс.долл/га.

В связи с этим была разработана самонапорная система капельного орошения молодых виноградников расположенных на крутых склонах в зоне действия Паркентского канала. Эта система не требует насосного оборудования и электроэнергии, т.к. давление в ней создается за счет перепадов геометрического рельефа местности. В междурядьях виноградников посажены овощные культуры, которые создают прибыль в первый год работы системы и сокращают срок окупаемости системы. Стоимость системы около 1900 тыс.сум.

В таблице 1 представлены данные наблюдения по режиму орошения и урожайности промежуточных культур по материалам 2001 г.

Таблица 1  
Режим орошения и урожайность промежуточных культур (2001 г.)

Культура	Пред-поливная влажность, % от ППВ	Количество поливов, шт	Время одного полива, час	Меж-поливной период, сут	Расход капельниц, л/ч	Поливная норма м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га		Экономия оросительной воды, %	урожайность %
							Капельное орошение	Бороздковый полив		
Виноград	70	20	16	7	2,82	108	2160	3600	60	-
Томаты	75	10	7	9	2,7	300	3000	6000	50	360
Огурцы	75	10	7	9	2,59	270	2700	6000	45	328
Болгарский перец	75	10	10	9	1,87	240	2400	6000	40	200
Арбузы	70	10	7	9	2,9	240	2400	6000	40	675

Экономия оросительной воды при капельном орошении для молодых виноградников составила 60%, для овощных культур колебалась от 40 до 50 %, для арбузов 40 %

Таблица 2  
Поливные и оросительные нормы (2002 г.)

Варианты	Пред-поливная влажность в % от ППВ	Поливная норма при капельном орошении, м <sup>3</sup> /га		Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га				Экономия оросительной воды, %
				к.о.		б.о.		
		расчетная	фактическая	расчетная	фактическая	расчетная	фактическая	
1.Виноград	70	100	72	2000	1440	3900	3600	60
2.Томаты	75	270	270	2160	1890	6000	4110	46
3.Болгарский перец	75	215	215	1720	1505	6000	3010	50

В 1 варианте опыта фактическая поливная и оросительная норма были меньше расчетной, т.к. влажность почвы перед поливами была более 70 % ППВ (из-за обилия дождей в начале вегетации). Экономия оросительной воды составила 60 % по сравнению с бороздковым поливом.

На втором и третьем вариантах опыта оросительная норма на участке капельного орошения была ниже расчетной, т.к. вместо 8 было проведено 7 поливов. На участке бороздкового полива фактическая оросительная норма была ниже расчетной. Экономия воды на 2 варианте опыта составила 46 %, на 3 варианте –50 %.

На подобных склоновых землях испытывалась капельно-струйная система орошения для полива молодых виноградников. В этой системе участковые трубопроводы (из полиэтиленовых труб d 63 мм) располагаются по наибольшему уклону местности, от них отходят поливные трубопроводы (из

полиэтиленовых диаметром 25 мм), которые расположены по горизонталям. На поливные трубопроводы – монтируются капельно-струйные водовыпуски, через которые воды подаются в короткие борозды (20-32 м), выполненные в земляном русле и расположены параллельно участковым, т.е. по наибольшему уклону местности. Применение такой системы орошения позволяет экономить оросительную воду до 48,7 % и увеличивает КПД техники полива с 0,67 до 0,96 по сравнению с обычным бороздковым поливом на крутых склонах. При этом отсутствуют такие негативные явления, как водная эрозия почвы и суффозия, что способствует воспроизводству плодородия почвы.

Стоимость системы - 1700 тыс. сум.

Таблица 3  
Поливная и оросительная нормы брутто и нетто КПД техники полива

Показатели	Ед. измерения	Величина
Расход в борозду	л/с	0,02
Норма полива		
брутто		260
нетто	м <sup>3</sup> /га	250
фильтрация		10
сброс		-
Время		
добега	час	4
долива		9
общее		13
Длина борозды	м	30
Междурядие	м	1,2
КПД техники полива	-	0,96
Параметры к установившейся фильтрации		0,0044
В		0,3
α		0,75
Количество поливов	шт	10
Оросительная норма		
при капельно-струйном поливе	м <sup>3</sup> /га	2500
при обычном поливе	м <sup>3</sup> /га	3900
Экономия оросительной воды	м <sup>3</sup> /га	1400
	%	36

### Элементы техники полива

К элементам техники полива относятся: длина борозды, уклон борозды, расход в борозду, время добега, время одного полива, количество поливов.

Таблица 4

№№ п/п	Длина борозды, м	Расход в борозду, л/с	Уклон борозды	Время добега, час	Время одного полива, час	Кол-во поливов, шт.
1	24	0,011	0,23	4	14	10
2	30	0,010	0,20	4	13	10
3	36	0,011	0,18	5	15	10

Как видно из таблицы 4, элементы техники полива отличаются между собой. В зависимости от уклона и длины борозды были назначены расходы в борозду. Время проведения одного полива была назначено в зависимости от поливной нормы, которая для различной длины борозды была разной. Количество поливов было одинаковым. Межполивной период колебался от 8 до 12 суток.

Опыт проектирования, строительства и эксплуатации систем капельного орошения для полива сельхозкультур убедительно свидетельствует о том, что этот способ полива эффективен только в предгорных и адырных зонах, на землях с пересеченной местностью, внутриоазисных барханных

песках, на землях с высокой водопроницаемостью грунтов, т.к. там, где ограничены водные ресурсы и где традиционные способы полива неприемлемы.

Для стимулирования использования систем капельного орошения как водосберегающей технологии необходимо решить следующие вопросы:

1. Технологические аспекты.

Разработка и производство упрощенных систем капельного орошения, которые могут быть рассчитаны на фермерские хозяйства площадью 10-100 га, дехканские хозяйства с площадью 1-5 га. Основное условие этих систем должны быть низкая стоимость, простота в эксплуатации.

2. Экономические аспекты.

Необходимо пересмотреть систему оплаты операторов капельного орошения. Оценить его труд в 8-10 раз по сравнению с обычным поливальщиком. Необходимо разработать положение, позволяющее вознаграждать операторов за сэкономленные водные ресурсы. Кроме того, необходимо разрешить производителям производить на этих землях не только хлопчатник и зерно, но и другую товарную продукцию и реализовать ее по свободным ценам.

3. Организационные аспекты.

Построенные системы капельного орошения нуждаются в постоянном сервисном обслуживании, обеспечении запасными частями, контроле за техническим состоянием. Необходимо создание консалтинговых услуг по внедрению и обслуживанию новых систем орошения и обучение и переподготовка специалистов, работающих на системах капельного орошения.

4. Юридические аспекты.

Построенные системы капельного орошения, в основном, являются Государственными. Большой объем вложенных средств требует сохранения систем в первоначальном виде. Передача этих систем в частное пользование возможна только с течением времени, после полной окупаемости и созданием достаточного количества квалифицированных кадров.

Созданные системы капельного орошения, учитывая их высокую стоимость, должны иметь статус Государственных опытно-производственных участков (ГОПУ). Придание им статуса ГОПУ позволит ввести льготное налогообложение на доходы от продажи сельхозпродукции с этих участков, льготы на поступающее новое оборудование.

ГОПУ по внедрению водосберегающих технологий должны быть переданы на баланс Облводхозов, создав специальные научно-тренинговые центры. Такой шаг позволит сохранить построенные системы, повысить ответственность работников на новых системах, предотвратить разворывание систем и их повреждение.

## Литература

1. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника, Москва. Колос 1972 г.
2. Браверман Р.Д., Тумакшин А.П., Новикова А.В. – Автоматизация полива хлопчатника. Хлопководство 1982 г., № 6
3. Браверман Р.Д., Тумакшин А.П., Новикова А.В. Авторское свидетельство № 1372014 от 8 октября 1987 г. «Устройство для выпуска воды из канала».
4. Калашников А.А. Ресурсосберегающая технология полива культур сплошного сева. Тараз 2002 г.
5. Новикова А.В. Самонапорная система капельного орошения для выращивания молодых виноградников и овоще-бахчевых культур в междурядьях. Тараз 2002 г.

## ПРОБЛЕМА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ПРЕДГОРЬЯХ КЫРГЫЗСТАНА

Т. Султаналиева

Кыргызский аграрный университет имени К.И. Скрябина

В республике Кыргызстан, как одном из ведущих регионов орошаемого земледелия, где площадь поливных земель достигает миллиона гектаров и обеспечивает более 90% всей продукции полеводства, развитию орошения и мелиорации земель уделяется первостепенное внимание.

Вместе с тем, Кыргызстан – республика горная, где значительная территория страны приходится на долю гор и предгорья.

Прирост растениеводческой продукции за счет интенсификации орошаемого земледелия предгорной зоны республики позволит в значительной степени обеспечить подъем экономики страны и повысить благосостояние народа.

Изложенное обосновывает актуальность проблемы совершенствования способов и технических средств водораспределения на оросительных системах предгорной зоны Кыргызстана.

Конструктивное исполнение систем водораспределения и гидросооружений на них в Кыргызской Республике имеет некоторые отличительные особенности от оросительных систем других регионов. Для Кыргызской Республики, большую территорию которой занимает горный хребет и предгорья Тянь-Шаня, характерны значительные уклоны местности, континентальный климат, заглубленные грунтовые воды, наличие рек ледникового питания с небольшими паводковыми расходами и др. Перечисленные особенности и определяют компоновки систем водораспределения Кыргызской Республики.

Отличительными особенностями каналов систем водораспределения предгорной зоны является то обстоятельство, что магистральные и межхозяйственные каналы проектируются, по возможности, с небольшими уклонами ( $i=0,0005 \dots 0,002$ ), в то время как каналы младшего порядка часто приходится прокладывать с уклонами больше критических.

В Кыргызстане наиболее широкое распределение получил поверхностный полив, что обосновывается геологическими, гидрологическими, климатическими и др. условиями республики.

Основная масса водоводов систем водораспределения выполнена в виде каналов открытого типа в земляном русле или из сборных ж/б элементов, уложенных на поверхности земли (на опорах). Иногда крупные каналы выполняют в монолитной бетонной (ж/б) одежде.

В Кыргызской Республике около 60 % всех ирригационных каналов систем водораспределения располагается в предгорной зоне.

Приведем характеристики некоторых каналов оросительных систем предгорья Кыргызстана (табл).

Таблица  
Характеристики каналов предгорной зоны Кыргызстана

Наименование канала	Наименование системы	Характеристики каналов			
		Протяженность, км	Пропускная способность м <sup>3</sup> /с	Уклон дна	Площадь обслуживаемая, га
Койберган	р. Шамси	17,56	4,0	0,001-0,008	5682
Чон-Дон	р. Кегеты	6,60	3,0	0,009-0,01	2195
Ивановский	р. Ысык-Ата	8,07	6,0	0,01-0,08	6761
Первомайский	р. Ысык-Ата	11,60	7,0	0,0007-0,009	5748
Джарбаш	р. Ысык-Ата	7,20	2,5	0,0005-0,001	3335
Караго	р. Аламедин	11,90	7,0	0,002-0,009	7749
Туш	р. Ала-Арча	17,30	14,0	0,003-0,05	8173

Одним из наиболее характерных примеров крупных магистральных каналов, трасса которого проходит главным образом в предгорной зоне, можно считать ЮБЧК. Общая протяженность канала составляет 158,6 км.; уклон дна  $i=0,0002 \dots 0,0005$ ; ширина по дну  $b=9 \dots 8$  м; расход в голове канала  $q=54$  м<sup>3</sup>/с; нормальное наполнение  $h=3,2 \dots 1,13$  м; средняя скорость движения воды  $v=0,96 \dots 2,10$  м/с; расчетный КПД составляет 0,85.

Анализ приведенных характеристик подтверждает наличие в предгорной зоне Кыргызстана каналов, как с малыми уклонами, так и большими. Более того из табл. Видно, что один и тот же канал может иметь различный режим движения потока по длине канала.

В земляном русле обычно выполняются каналы с уклонами меньше критических. Быстротечные же каналы либо лоткового типа, либо в монолитном бетоне. Причем протяженность участков каналов с уклонами больше критических, имеющими бурный и сверхбурный режим течения, стараются делать как можно меньшей. На каналах с большими уклонами протяженность кривых свободной по-

верхности небольшая, нередко наблюдается гидравлический прыжок в верхнем бьефе перегораживающих сооружений. Здесь имеет место малое аккумулирующие емкости объектов регулирования и большие скорости изменения регулируемых параметров.

Водовыпуски также стараются устраивать и эксплуатировать в той же части канала, где уклон его трассы меньше критического. Командование, как правило, одностороннее.

Из вышесказанного следует, что оптимальное управление процессами водораспределения и водоподачи на оросительных системах предгорья Кыргызстана может быть успешно осуществлено системами каскадного регулирования на базе отдельных связанных между собой автоматизированных автономных систем трансформаций стока, использующими преимущественно смешанное регулирование уровней воды в бьефах [1]. Поскольку такая система водораспределения включает в себя разнорежимные каналы, удобно пользоваться при смешанном регулировании отнесенными датчиками.

На перегораживающих сооружениях устраиваются регуляторы смешанного типа, либо стабилизаторы расхода воды. Причем в отличие от регуляторов по нижнему бьефу ограничиваются максимальные и минимальные уровни в бьефах сооружений.

Перспективной с точки зрения использования на каналах предгорной зоны можно также считать схему регулирования с перекрестными связями, базирующуюся на способе постоянного объема, когда объем воды, втекающий в бьеф, всегда равен объему воды, вытекающей из него. Автоматические регуляторы уровней на перегораживающих сооружениях соединяют с датчиками внешней перекрестной обратной связью (гидравлической, электрической или их сочетаниями). Наличие внешней перекрестной связи позволяет применять данный способ на каналах даже при наличии разрыва гидравлической связи по потоку [3].

При этом на одной системе водораспределения, как составной части оросительной системы, могут одновременно использоваться и различные схемы автоматизации регулирования процесса водораспределения даже в пределах одного канала.

В качестве средств автоматизации сооружений водоподачи, являющихся самыми массовыми на системах водораспределения, наиболее целесообразно использовать гидравлические стабилизаторы расходов воды, получившие в последнее время широкое распространение на оросительных системах в качестве средств автоматизации отдельных водовыпусков.

Стабилизаторы расходов воды, не имеющие подвижных в работе частей, являются достаточно простыми в конструктивном отношении, несложными в изготовлении и эксплуатации. Отсутствие подвижных частей в работе способствует, кроме того, значительному увеличению надежности и повышению качества функционирования их на системе.

Стабилизаторы расхода воды, удачно сочетая в себе функции регулирования (стабилизации) и водоподачи, по праву могут считаться многофункциональными средствами автоматизации оросительных систем.

Сегодня, в условиях перехода к рыночным отношениям, особенно остро встала проблема экономии водных ресурсов, строгого учета оросительной воды. Использование стабилизаторов расхода на системах водораспределения способствует решению этой проблемы, поскольку благодаря своим конструктивным особенностям они являются инвариантными системами и обеспечивают однозначную зависимость расхода отвода от какого-либо измеряемого параметра стабилизатора.

Последнее позволяет, используя службу диспетчерского контроля и управления, значительно упростит систему водоучета на оросительной сети, уменьшив число каналов связи. Замеры проводятся только в отдельных точках автономных систем (например, на водораспределительных узлах), резко сокращая тем самым объем работ диспетчерской службы, давая возможность значительно ускорить подсчет баланса по стоку воды в системе и способствуя обеспечению оперативного управления на оросительной сети.

При установке на водовыпускных сооружениях стабилизаторов расхода, последние могут располагаться как на входе, так и на выходе водовыпуска. При этом также учитываются конструктивные и технологические особенности водовыпускного сооружения.

Режим истечения через водовыпуске каналов в горно-предгорной зоне, как правило, свободный.

На сегодня существует более 100 конструкций стабилизаторов расхода воды, использующих различные принципы обеспечения стабилизации водоподачи в процессе функционирования на системе.

Наиболее совершенные конструкции стабилизаторов расходов воды позволяют обеспечивать постоянства отводимого расхода при диапазоне колебаний напоров в верхнем бьефе водовыпускного сооружения  $H_{\max}/H_{\min}=2,6\dots2,8$  ( $H_{\max}$ ,  $H_{\min}$ -максимальное и минимальное наполнения перед стабилизатором) [2].

Наиболее оправданными с точки зрения надежности и функциональных показателей проявили себя стабилизаторы расходов воды типа «коробчатые щиты».

Эти перспективные конструкции представляют собой ломаные по вертикали коробчатые затворы различных конфигураций и работают на принципе обеспечения постоянства отводимого расхода за счет изменения коэффициента расхода стабилизатора обратно пропорционально величине  $\sqrt{H}$ , где  $H$  – действующий напор.

Использование стабилизаторов расходов воды типа «коробчатые щиты» нашло достаточно широкое применение на каналах оросительных систем предгорья Кыргызстана.

Однако следует помнить о том, что в каждом конкретном случае при выборе конструкций стабилизатора расхода, как средство автоматизации системы водораспределения, необходимо исходить из характеристик и особенностей проектируемого водовыпуска.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о предпочтительности совершенствования систем водораспределения предгорной зоны по принципу систем каскадного регулирования, включающих авторегуляторы уровней смешанного типа как средства автоматизации перегораживающих сооружений, и стабилизаторы расходов воды в качестве средств автоматизации водовыпускных сооружений. В местах разрыва гидравлической связи по потоку целесообразно устройство внешней обратной связи.

Создание систем водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расходов воды позволит свести к минимуму потери неравномерного стока воды в каналах, будет способствовать решению проблемы учета оросительной воды в условиях рыночных отношений обеспечит оперативность управления на системах, улучшив тем самым их эксплуатационные характеристики и сократив материалоемкость, а также повысит надежность работы водовыпускных сооружений и оросительных систем в целом.

## Литература

1. Атаманова О.В. Система водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расхода воды // Научно-консультационная и кадровое обеспечение аграрной реформы в Кыргызской Республике: Сб. науч. тр. / КАА. – 1997. – С.27-30.
2. Бочкарев Я.В., Атаманова О.В. Локальные системы стабилизации водоподачи на оросительных системах: Учеб. пособие. – Бишкек: КАА, 1997. – 76 с.
3. Коваленко П.И. Автоматизация мелиоративных систем. – М: Колос, 1983. – 304 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВОДОПОДГОТОВКИ КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУТЫЛИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Е.П. Туманова\*, Э.Ю. Титов\*\*

\*Казахская головная архитектурно-строительная академия, \*\*ТОО «АЛСУ»

За последние годы в Республике Казахстан (РК) широкое распространение получило производство бутылированной питьевой воды. В первую очередь это связано с увеличением числа предприятий по выпуску данной продукции, и тенденцией роста объема потребления населением бутылированной питьевой воды. Данное обстоятельство вызвано также возросшими требованиями потребителя к её качеству и такими факторами как изменившийся менталитет населения в отношении потребления бутылированной воды, улучшение уровня услуг, предоставляемых населению, рост его благосостояния.

Все эти предпосылки привели к тому, что система организации производства бутылированной питьевой воды была выстроена таким образом, что наиболее приоритетными на сегодняшний день выдвинуты следующие задачи:

- обеспечение требуемого качества бутылированной питьевой воды, регламентированного нормативной документацией, действующей на территории РК, и согласования данного вида продукции с международными стандартами качества;

- минимизация затрат при производстве воды (снижение её себестоимости), за счет уменьшения эксплуатационных расходов, относительно водоподготовительного оборудования.

Инженерным решением данных вопросов является оптимизация технологических параметров водоочистки, выбор которых для проведения оптимизационной задачи зависит от состава оборудования водоподготовки, от качественного и количественного состава исходной воды и фильтрата.

Немаловажное значение стоит уделять вопросу расширения спектра выпускаемой бутылированной воды, потому как при организации выпуска нового вида продукции предполагается разработка иного качественного состава воды. На сегодняшний день, на Казахстанском рынке, производимую бутылированную питьевую воду по физико-химическому составу можно классифицировать: минеральная, столовая, с макроэлементами, с добавлением минеральных компонентов и ультрапресная.

В соответствии с данной классификацией вытекают и соответствующие рекомендации к её потреблению. Физико-химический состав бутылированной питьевой воды в РК на сегодняшний день регламентируется СанПиНом 4.01.055.01 [1], и её качественный состав, корректируемый в некоторых случаях введением в фильтрат различных минеральных добавок и макрокомпонентов также не должен превышать предельно допустимых показателей, нормированных ГОСТом и СанПиНом, разработанных на питьевую воду.

К сожалению, печальная статистика указывает на тот факт, что многие предприятия, являющиеся производителями бутылированной питьевой воды не определяют ориентиры в отношении возрастной категории населения, являющейся её потенциальным потребителем. Поскольку данная структура весьма разнообразна, зачастую, потребителями становятся дети дошкольного и грудничкового возраста. В этой связи, для разных возрастных категорий потребителей требования к конкретному физико-химическому составу воды, должны меняться. В противном случае, предприятием–изготовителем должны выдаваться рекомендации к ограничению её применения детьми определенного возраста, т.к. отсутствие в воде того или иного химического компонента или достаточно высокое его содержание может быть противопоказано для детского организма.

Одним из методов обеспечения населения качественной бутылированной питьевой водой является ведение непрерывного лабораторного контроля её качества непосредственно на производстве. Данное интегрирование будет способствовать поддержанию требуемого качества бутылированной воды, его систематическому улучшению, а также позволит отработать оптимальные режимы работы технологического оборудования, сократив тем самым статьи эксплуатационных затрат такие как химреагенты, электроэнергия, сокращение расхода исходной воды, подающейся в режиме регенерации на промывку фильтров.

В ходе оптимизационных задач, проводимых на предприятии фирмы ТОО «АЛСУ», выпускающей бутылированную питьевую воду с торговой маркой «САМАЛ» учитывался такой экологический фактор как сокращение объемов отработанных регенерационных растворов от ионообменных колонок, за счет сокращения числа регенераций вследствие увеличения продолжительности фильтроцикла. Практический опыт, полученный при отработке оптимальных режимов работы ионообменной установки в режиме одноступенчатого Na-катионитового умягчения показал, что на основании проводимых исследований технических характеристик фильтров и обработке результатов химанализов фильтрата, реально удалось добиться увеличения продолжительности фильтроцикла на 40%, сократив тем самым расход химреагентов и соответствующую статью затрат эксплуатационных расходов.

Вода, идущая на предподготовку, забирается из подземного водозабора и дебит в среднем составляет 3 м<sup>3</sup>/сут.

При разработке системы менеджмента качества на предприятии важное внимание стоит уделять работе с документацией. Существующая ситуация в РК с нормативами, регламентирующими качество бутылированной питьевой воды такова, что введенный в действие с 1 июля 2002 года Российский СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества» [2] с изменениями в сторону ужесточения нормативов, по-видимому, в скором времени внесет коррективы в СанПиН РК.

Необходимо проследить все изменения и дополнения, вносимые как в Казахстанские так и в Российские нормативные акты и документы, касающиеся контроля качества воды и работы водоподготовительного оборудования. К примеру, в соответствии с [2], питьевую воду, расфасованную в емкости (бутылированную) подразделяют на две категории – первую и высшую, которые различаются как по требованиям к органолептическим и токсикологическим показателям, так и по требованиям к компонентам минерального состава (минерализация, жесткость, щелочность, кальций, магний, калий, бикарбонат, фторид, йодид).



Обобщая вышесказанное, можно вывести несколько кратких тезисов, детерминирующих залог успешной работы предприятия по производству бутылированной питьевой воды и доминирующих в критериях приоритетности решаемых инженерных задач на предприятии:

- ведение непрерывного лабораторного контроля качества воды;
- квалифицированное сервисное обслуживание технологического оборудования в ходе его эксплуатации;
- проведение оптимизационных решений по снижению себестоимости воды.

Но несомненным остается тот факт, что каждый руководитель должен понимать меру ответственности за рекомендации, выдаваемые по применению данного вида бутылированной питьевой воды, производимой на его предприятии.

## **Литература**

1. СанПиН 4.01.055.01 «Гигиенические требования к производству и качеству питьевых, искусственно-минерализованных и природных минеральных вод, расфасованных в емкости». Алматы, 2001г.

2. СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». М., 2002г.

## **РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПОЛИВЕ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ**

**Б.С. Серикбаев, Е.Ж. Даулатов, Р.А. Давлетов**

### **Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства**

В Узбекистане проводятся большие работы по развитию сельского и водного хозяйства. В результате реструктуризации сельского хозяйства увеличиваются число фермерских, дехканских, ширкатных хозяйств. На 4280 тыс.га орошаемых земель республики возделываются хлопчатник на площади – 1,5 млн.га, пшеницы – 1,0 млн.га, отведены для нужд дехканских хозяйств – 600 тыс.га, 400 тыс.га для фермерских хозяйств и т.д.

Особое внимание обращается на повышение урожайности и качества пшеницы на орошаемых землях. По этому возделывания пшеницы с минимальными затратами оросительной водой является весьма актуальным. В условиях Северной Зоны Республики Каракалпакстан где постоянно не хватает поверхностных: речных, местных, атмосферных и др. ресурсов, подземные воды являются большим резервом, обеспечивающие стабильный рост и развития сельского хозяйства региона. Подземные воды по своим качественным и количественным показателями отличаются от других источников орошения.

В целях разработки научных рекомендаций по рациональному режиму орошения озимой пшеницы при поливе подземными водами нами в 1999-2001 г.г. проведены полевые экспериментальные исследования в фермерском хозяйстве Караузьякского района Республики Каракалпакстан. Опытный участок является типичным по своим природно-хозяйственным условиям для Северной зоны Республики Каракалпакстан. Почвы средние и тяжелые суглинки со средней и высокой степенью засоления. Уровень грунтовых вод залегает на глубине 2,5 ÷ 3,2 метров. Уклон поверхности орошаемых массивов  $i = 0,0002 \div 0,0006$ . Количество среднегодовых атмосферных осадков колеблется в пределах  $P = 100 \div 180$  мм.

Как известно, подземные воды по условиям формирования, размещения и расходования разделяются на три типа:

А – горные (гидрогеологические) массивы.

Б – внутригорные (межгорные) впадины и долины крупных рек (артезианские бассейны) горно-складчатой области.

В – равнинно – пустынные массивы (артезианские бассейны) платформенного типа.

Подземные воды рассматриваемой зоны относятся к группе «В».

Пригодность подземных вод на орошения сельскохозяйственных культур оценивалась по методу департамента сельского хозяйства США, учитывающий показатели возможного осолонцевания почв, натриево-адсорбционное отношение (SAR), определяемое по формуле:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg) : 2}} \quad (1)$$

При более 5 г/л солей, в том числе до 2 г/л токсичных соединений подземные воды разбавлялись с пресной дождевой и речной водой.

На опытном участке проведены все агротехнические мероприятия по подготовке и посеву районированного сорта пшеницы «Юна» проводился осенью сеялкой. Закладывались полевые опыты по установлению рациональных режимов орошения по четырём вариантам:

Вариант 1 – полив при влажности почвы не ниже 60% наименьшей влагоёмкости.

Вариант 2 – полив при влажности почвы не ниже 65% наименьшей влагоёмкости (НВ).

Вариант 3 – полив при влажности почвы не ниже 70% от НВ.

Вариант 4 – полив при влажности почвы не ниже 80% от НВ.

По четвертому варианту понадобились частые поливы с малыми поливными нормами, в 1999 году было проведено 4 поливов и урожай зерна пшеницы на всех повторностях был ниже третьего варианта. По этому 2000 и 2001 г.г. по четвертому варианту, полевые экспериментальные исследования не проводились.

Поливная норма определяется по формуле А.Н. Костякова:

$$m = 100 \cdot n \cdot d (\beta_{НВ} - \beta_0) \cdot K_{П}, \quad \text{м}^3/\text{га} \quad (2)$$

где:  $m$  – норма вегетационного полива,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$d$  – плотность почвогрунтов расчетного слоя,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\beta_{НВ}$  – наименьшая влагоёмкость почвогрунтов расчетного слоя, % от плотности (массы) сухого почвогрунтов.

$\beta_0$  – предполивная влажность почвогрунтов расчетного слоя, % от плотности (массы) сухого почвогрунтов.

$K_{П}$  – Поправочный коэффициент, учитывающий потери воды на испарение в момент полива и распределения.

По нашим опытам значения « $K_{П}$ » в условиях данной зоны составили  $1,2 \div 1,38$ .

На всех вариантах изучались водно-физические, химические свойства и динамики почвенной влаги. Проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием пшеницы. Сроки и нормы поливов по вариантам опытов назначались путем регулярного определения влажности почвы до и после поливов в корнеобитаемом слое. К полученным расчетным поливным нормам прибавлялось количество воды, расходуемое на испарение и транспирацию за время перераспределения её в расчетном слое почвы.

Значения оросительной и поливной нормы пшеницы по вариантам опытов приводится в табл. 1.

Таблица 1

№№п/п	Варианты	Значения поливной нормы $\text{м}^3/\text{га}$	Количество поливов	Значение оросит. нормы, $\text{м}^3/\text{га}$
1	Контрольный	1350÷1450	2	2800
2	Вариант - I	850÷950	3	2700
3	Вариант – II	800÷850	3	2550
4	Вариант – III	750÷850	3	2400

Результаты фенологического наблюдения пшеницы за ростом и развитием, а также с датой наступления фазы развития приведены в табл.2. и 3:

Таблица 2  
Динамика роста пшеницы

Годы	Варианты	Средняя высота растений, см					
		1.03.99	20.03.99	1.04.99	25.04.99	10.05.99	25.05.99
1999	Контр. уч-к.	7,95	29,2	32,6	48,7	52,4	62,4
	Вариант-1	18,0	29,7	33,0	49,9	56,2	64,2
	Вариант-2	18,1	30,8	33,0	30,0	56,9	64,9
	Вариант-3	18,1	33,3	46,6	53,8	58,8	68,8
		2.03.00	20.03.00	1.04.00	25.04.00	10.05.00	25.05.00
2000	Контр. уч-к.	17,9	29,8	33,2	50,2	54,9	64,9
	Вариант-1	18,0	29,8	33,4	50,2	56,0	65,0
	Вариант-2	18,0	40,1	33,6	50,3	56,2	65,2
	Вариант-3	18,1	33,4	36,0	55,0	59,2	69,2
		1.03.01	20.03.01	1.04.01	25.04.01	10.05.01	25.05.01
2001	Контр. уч-к.	7,9	19,7	32,8	49,9	54,9	64,0
	Вариант-1	18,0	29,9	43,5	50,5	55,3	65,3
	Вариант-2	18,0	30,7	43,0	49,7	34,1	64,1
	Вариант-3	18,1	34,0	44,9	53,2	58,0	68,0

Таблица 3  
Результаты фенологических наблюдений за пшеницей

Годы	Варианты	Дата наступления фаз				
		Выход в труб.	Колошен.	Цветение	Восков. спелость	Твердая спелость
1999	Контр.участ.	18.04	30.04	5.05	2.06	13.06
	Вариант-1	8.04	28.04	2.05	4.06	14.06
	Вариант-2	4.04	26.04	8.05	5.06	15.06
	Вариант-3	5.04	27.04	3.05	6.06	17.06
2000	Контр.участ.		30.04	7.05	25.05	15.06
	Вариант-1	6.04	28.04	5.05	22.05	12.06
	Вариант-2		29.04	6.05	25.05	16.06
	Вариант-3		29.04	6.05	23.05	14.06
2001	Контр.участ.		20.04	27.04	24.05	10.06
	Вариант-1	2.04	18.04	25.04	20.05	7.06
	Вариант-2		19.04	26.04	21.05	8.06
	Вариант-3		19.04	26.04	24.05	9.06

Анализ полевых исследований по установлению режимов орошения пшеницы показывает, что оптимальным вариантом является режим, при котором в корнеобитаемом слое поддерживается влажность не ниже 70% НВ, при этих режимах орошения достигается экономное использование оросительной воды, низкая себестоимость и высокая рентабельность.

### Литература

1. Антонов В.И. Генеральная схема использования орошаемых земель, водных ресурсов и их охраны в Республике Узбекистан на период до 2005 г. Ташкент, Уз.Водпроект, 1993 г, 122стр.
2. Безбородов Г.А. Водосберегающая технология бороздкового полива Гидротехника и мелиорация, 1993 г, №3 , с20-22.
3. Беспалов Н.Ф. Мальцев С.Н. Способы полива и эффективность использования воды. Сельское хозяйство Узбекистана, 1992, №2, с 50-51.
4. Вавилов П.П. Растениеводство. Москва, "Агропромиздат", 1986 г.
5. Давлатов Р.А. «Проблемы развития сельского хозяйства в республике Каракалпакстан в условиях маловодья». Республика илмий-амалий анжумани материаллари. Т. 2002 й. б.97.
6. Серикбаева Э.Б. Водопотребление сельскохозяйственных культур при поливе сточными водами. Труды ГУ ВолжНИИГиМ. Москва, 2001.

7. Intizar Hussain, Lida Raschid, Munir Hanjra, Fuard Marikar and Wim van der Hoek. "Framework for Analyzing Socioeconomic, Health and Environmental Impacts of Wastewater Use in Agriculture in Developing Countries". 2001. 32 pp. ISBN 92-9090-454-2.

## **ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ХЛОПКОВО-ЗЕРНОВЫХ И ДРУГИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**М.Х. Хамидов**

**Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства**

С получением Узбекистаном государственной независимости Президентом И.А. Каримовым ведется большая работа по реализации курса социально-экономических реформ и поставлена задача перед тружениками сельского хозяйства обеспечить население хлебом и хлебопродуктом и тем самым обеспечить зерновую независимость республики как основы ее подлинного суверенитета.

В связи с этим, в орошаемом земледелии Узбекистана в последние годы произошли коренные преобразования: сокращена площадь под хлопчатником, возросли площади под орошаемыми зерновыми культурами, преимущественно озимой пшеницы. Однако, одними экстенсивными мерами проблему обеспечения устойчивого производства не менее 4 млн. тонн зерна с 1 млн. га орошаемой площади обеспечить сложно. По этому необходимо осуществлять комплекс мер по интенсификации зерноводства устойчивой и стабильной урожайности зерна на уровне 39-40 ц/га на основе передовой научно обоснованной агротехники, селекции, а также бережливого и экономного использования водных и земельных ресурсов.

Последнее может быть обеспечено рациональным расходом оросительной воды и установлением оптимального режима орошения. С этой точки зрения на луговых почвах Ташкентской области проведены исследования направленные по установлению оптимального режима орошения озимой пшеницы сорта «Деметра».

Полевые опыты по режиму орошения озимой пшеницы сорта «Деметра» проводились на поливных землях Чирчик-Ангренской долины. Почвы опытного участка луговые, по гранулометрическому составу тяжело суглинистые.

В августе месяце проведена вспашка с оборотом пласта на глубину 30 см, во второй декаде сентября проводилось двукратное малование с боронованием, озимая пшеница посеяна в третьей декаде сентября. Во всех вариантах осенью проводили послепосевные поливы для дружного всхода пшеницы нормой 600 м<sup>3</sup>/га. Влияние фактического режима орошения на урожай озимой пшеницы показано ниже.

Как видно из таблицы 1, при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 70% от НВ количество поливов составило 2, схема полива 1-1-0. При проведении поливов:

а), без внесения удобрения составило 2, которое по фазам развития озимой пшеницы распределялось по схеме 1-1-0, с поливной нормой 625-710 м<sup>3</sup>/га при этом оросительная норма составила 1335 м<sup>3</sup>/га;

б), с внесением минерального удобрения в количестве N150 P60 K30 кг/га соответственно поливные нормы составили 670-825 м<sup>3</sup>/га, а оросительная норма 1495 м<sup>3</sup>/га;

в), с внесением минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 поливные нормы составили 685-850 м<sup>3</sup>/га, а оросительная норма 1535 м<sup>3</sup>/га. При этом урожайность составила: 23,3; 27,5; 30,4 ц/га.

Там, где предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 75% от НВ, количество поливов составило 3, схема полива 1-2-0.

При проведении поливов:

а) без внесения удобрений поливая норма составила 615-680 м<sup>3</sup>/га, при этом оросительная норма - 1930 м<sup>3</sup>/га.

б) с внесением минерального удобрения в количестве N150 P60 K30 соответственно 635 - 750 и 2110 м<sup>3</sup>/га;

в) с внесением минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 соответственно 650 - 795 и 2225 м<sup>3</sup>/га, урожай озимой пшеницы соответственно: 29,1; 50,4 и 63,2 ц/га.

Когда предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 80% от НВ, количество поливов составило 4, которое по фазам развития распределилось по схеме 1-2-1.

При проведении поливов:

а) без внесения удобрений поливные нормы составили 600-625 м /га, а оросительная норма 2475 м /га;

б), с внесением минерального удобрения в количестве N150 P60 K3 O соответственно 620-675 и 2610 м<sup>3</sup>/га;

в), с внесением минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 соответственно 635-710 и 2740 м<sup>3</sup>/га, урожай озимой пшеницы соответственно: 24,4; 45,7 и 59,8 ц/га.

В зависимости от режима предполивной влажности почвы наибольший урожай озимой пшеницы на поливных луговых почвах Чирчик-Ангренской долины 62,3 ц/га получен при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 75% от НВ и при внесении N180 P90 K60 кг/га.

Таблица 1  
Режим орошения озимой пшеницы

Предполивная влажность почвы, %	Норма удобрений, кг/га	Поливы								Схема полива	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	
		1-й		2-й		3-й		4-й			годы	
		2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002		2001	2002
70	Без удобрений	625	640	710	720	-	-	-	-	1-1-0	1335	1360
	N150 P60 K30	670	680	825	820	-	-	-	-	1-1-0	1495	1500
	N180 P90 K60	685	680	850	870	-	-	-	-	1-1-0	1535	1550
75	Без удобрений	615	630	680	670	635	700	-	-	1-2-0	1930	2000
	N150 P60 K30	635	640	725	750	750	810	-	-	1-2-0	2110	2200
	N180 P90 K60	650	660	795	800	780	810	-	-	1-2-0	2225	2250
80	Без удобрений	600	660	625	640	630	650	620	600	1-2-1	2475	2500
	N150 P60 K30	620	650	650	660	675	690	680	665	1-2-1	2610	2680
	N180 P90 K60	635	660	700	700	710	740	695	695	1-2-1	2740	2800

### Влияние режима орошения и доз вносимых удобрений на урожай озимой пшеницы

Повышение влажности почвы понижает концентрацию почвенного раствора, а следовательно и клеточного сока, в значительной мере изменяет соотношения поступающих в растение органических веществ.

С повышением влагообеспеченности растений улучшается их рост, увеличивается накопление вегетативной массы, а следовательно, и резко возрастают затраты питательных веществ на создание урожая.

Таблица 2

Влияние режима орошения и доз вносимых удобрений на урожайность озимой пшеницы

Предполивная влажность почвы, % от НВ	Норма удобрений кг/га	Урожайность, ц/га	
		2001	2002
70	Без удобрений	23,3	24,0
	N150P60K30	27,5	28,3
	N180P90K60	30,4	31,5
75	Без удобрений	29,1	29,8
	N150P60K30	50,4	51,2
	N180P90K60	63,2	63,7
80	Без удобрений	24,4	24,7
	N150P60K30	45,7	46,8
	N180P90K60	59,8	61,3

Как видно из таблицы 2 при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 70,75 и 80% от НВ без внесения минерального удобрения урожай озимой пшеницы соответственно составили: 23,3, 29,1 и 24,4 ц/га. Это говорит о том что с повышением предполивной влажности почвы до 75% от НВ урожай озимой пшеницы повышается, а потом наблюдается спад. При выращивании с внесением минерального удобрения в количестве N150 P60 K30 поддержанием предполивной влажности почвы на уровне 70; 75; 80% от НВ урожай озимой пшеницы составили: 27,5; 50,4; 45,7 ц/га. При внесении одинакового количества минерального удобрения с увеличением предполивной влажности почвы до 75% от НВ в начальный период урожайность озимой пшеницы резко возрастает. Дальнейшее увеличение предполивной влажности почвы до 80% от НВ не приводит к увеличению урожайности, наоборот приводит к уменьшению урожайности. В нашем опыте это отклонение составляет 4,7 ц/га.

Выращивание озимой пшеницы с внесением минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 кг/га поддержанием предполивной влажности почвы на уровне 70, 75, 80% от НВ наблюдается следующая картина. Повышения предполивной влажности почвы до 75% от НВ привело также к резкому увеличению урожайности от 30,4 ц/га до 63,2 ц/га. Дальнейшее увеличение предполивной влажности почвы до 80% от НВ привело к уменьшению урожайности на 3,4 ц/га.

При поддержании же предполивной влажности на одном и том же уровне. Например: на уровне 70,75 и 80% от НВ наблюдается следующие:

а) при внесении минерального удобрения в количестве N150 P60 K30 кг/га по сравнению с вариантом без удобрений урожайность озимой пшеницы возрастает на 4,2; 21,3 и 25,5 ц/га;

б) при внесении минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 кг/га урожайность пшеницы увеличивается незначительно, увеличение составило 2,9; 8,8 и 14,1 ц/га

Таким образом одновременное повышение предполивной влажности и количество вносимых удобрений увеличивает урожайность озимой пшеницы. Эти изменения заметно наблюдаются при изменении предполивной влажности почвы до 75% от НВ и при внесении минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 кг/га, дальнейшее увеличение доз вносимых удобрений не приводит к резкому увеличению урожайности.

При повышении предполивной влажности почвы до 80% от НВ и увеличении доз вносимых удобрений урожайность озимой пшеницы по сравнению с вариантом где предполивная влажность почвы поддерживалась на уровне 75% от НВ, уменьшение урожайности составило 3,4 и 4,7 ц/га.

Таким образом в нашем опыте наибольший урожай озимой пшеницы получен при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 75% от НВ и при внесении минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 кг на 1 га. При этом урожайность озимой пшеницы составило 63,2 ц/га.

Результаты исследований показывают, что при выращивании пшеницы не вносит необходимое количество минеральных удобрений улучшающих качество зерна, орошение снижает содержание белка и клейковины.

Повышение влажности почвы сопровождается обычно снижением содержания белка и клейковины в зерне, так как увеличивается урожайность пшеницы, чем выше урожай, тем ниже качество зерна. Очевидно, что условия увлажнения являются основной причиной формирования зерна не одинакового качества в различных районах возделывания пшеницы.

С повышением влагообеспеченности растений улучшается их рост, увеличивается накопление вегетативной массы, следовательно и резко возрастают затраты питательных веществ на создание урожая. Не случайно и поэтому содержание белка и клейковины в зерне часто снижается при увели-

чении влажности почвы. Наиболее сильное снижение содержание белка и клейковины в условиях орошения наблюдается в не удобренных посевах. При орошении потребность пшеницы в удобрениях в целях получения высоких урожаев зерна хорошего качества возрастает по мере улучшения условий влагообеспечения. Однако и внесение недостаточного количества минеральных удобрений по мере улучшения водного режима почвы и растений приводит некоторому ухудшению качества зерна. Анализ данных позволяет убедиться в тесной взаимосвязи условий минерального питания и влагообеспечения в формировании урожая и его качества (табл. 3).

Таблица 3  
Влияние режима орошения и доз вносимых удобрений на качество зерна,(2002г)

Варианты		Предполивная влажность почвы, % от НВ	Нормы удобрений, кг/га,	Белок, %	Клейковина, %
Орошение	Удобрения				
1	1	70	Без удобрения	12,5	28,9
	2		N150P60K30	14,1	32,8
	3		N180P90K60	14,3	33,1
2	1	75	Без удобрения	10,6	25,1
	2		N150P60K30	15,1	34,1
	3		N180P90K60	15,6	34,9
3	1	80	Без удобрения	9,2	24,6
	2		N150P60K30	13,8	32,5
	3		N180P90K60	14,5	33,1

Из таблицы 3 видно, что при выращивании пшеницы без внесения удобрения с увеличением предполивной влажности почвы т.е. при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 70,75 и 80 % от НВ содержание сырого белка и клейковины уменьшается и соответственно содержание сырого белка составляет: 12,5; 10,6 и 9,2%, а клейковины 28,9; 25,1; 24,6%

При выращивании пшеницы с внесением минерального удобрения в количестве N150 P60 K30 кг/га с увеличением влажности почвы т.е. при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 70,75 и 80% от НВ содержание сырого белка и клейковины повышается по сравнению с вариантом без удобрения, соответственно содержание сырого белка составляет: 14,1; 15,1 и 13,8 %, а клейковины 32,8; 34,1 и 32,5%.

Выращивание же пшеницы с внесением минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 кг/га также наблюдается такая же картина, но содержание сырого белка и клейковины по сравнению с вариантом минерального удобрения N150 P60 K30 кг/га изменяется в незначительных пределах, соответственно содержания сырого белка составляет 14,3; 15,6 и 14,5, а клейковины 33,1; 34,9 и 33,1%.

Если же в процессе выращивания озимой пшеницы предполивную влажность почвы поддержать на одном и том же уровне с увеличением доз вносимых удобрений качества зерна улучшается до определённого уровня и дальнейшее увеличение доз вносимых удобрений не оказывает ощутимого влияния на качественные показатели зерна.

Например, при поддержании предполивной влажности на уровне 70% от НВ, в варианте без удобрения содержание сырого белка составил: 12,5 и клейковины 28,9%, при внесении минерального удобрения в количестве N150 P60 K30 кг/га соответственно: 14,1 и 32,8% при внесении же минерального удобрения N180 P90 K60 кг/га соответственно: 14,3 и 33,1%.

Там, где предполивная влажность почвы поддерживались на уровне 75% от НВ, содержание сырого белка и клейковины составили: сырой белок 10,6; 15,1 и 15,6 и клейковины 25,1; 34,1 и 34,9%.

При поддержании же предполивной влажности почвы на уровне 80% от НВ содержание сырого белка и клейковины составили: сырой белок 9,2; 13,8 и 14,5 клейковины 24,6; 32,5 и 33,1%.

В нашем опыте наибольший урожай наилучшего качества зерна получен при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 75% от НВ и при внесении минерального удобрения в количестве N180 P90 K60 кг на 1 га, при этом содержание сырого белка и клейковины составили 15,6 и 34,9%.

Таким образом повышение влажности почвы ухудшает качество зерна т.е. приводит к снижению содержания сырого белка и клейковины. Поэтому в целях повышения влажности почвы сырого белка и клейковины. Поэтому в целях повышения содержания белка и клейковины в зерне необходимо вно-

силье повышенные дозы минеральных удобрений, если конечно это будет экономно и не будет приводить к полеганию посевов.

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКИХ ГРАФИКОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

В.А. Скрыльников, И.Ю. Ибрагимов

САНИИРИ им. В.Д. Журина

Для управления ирригационными водохранилищами используются два вида графиков.

Диспетчерские графики, которые отражают режим наполнения и сработки водохранилищ по времени и графики изменения регулирующей способности водохранилищ отражающих изменения объемов воды от отметки уровня воды перед плотиной.

Последние используются в процессе оперативного управления для определения фактических объемов воды в водохранилище.

Для построения диспетчерских графиков используют водобалансовые расчеты, которые в зависимости от периода осреднения называются ежедневными, пентадными, декадными и месячными.

Для наглядности выявления особенностей построения графиков, рассмотрим месячный водобалансовый расчет на примере Чимкурганского водохранилища.

Введем следующие понятия и обозначения:

1. Суммарная величина годового "Прихода" ( $\sum_{i=1}^{12} P_i$ ) и "Расхода" ( $\sum_{i=1}^{12} P_i$ ).

2. Внутригодовое распределение "Прихода" и "Расхода". В работе [1, стр.197] приводятся рекомендации Шульц В.Л. по внутригодовому распределению только "Прихода" для маловодных, средних и многоводных лет.

3. Объем воды на начало рассматриваемого года (на 01.01) (гидрологические ежегодники или Главгидромет РУз).

4. Объем заиления [3, стр.30].

5. Линия ограничения наполнения объема (ЛОНО). Определяется как разность начального объема и объема заиления.

6. Расчетная зона водообеспеченности, включает две кривые: нижняя – обеспечивает положительные ординаты графика, а верхняя – не превышает ЛОНО.

Если предполагается составить прогноз диспетчерских графиков, то необходимо рассмотреть три сочетания "Прихода" и "Расхода".

а) "Приход" меньше "Расхода" ( $P < P$ );

б) "Приход" равен "Расходу" ( $P = P$ );

в) "Приход" больше "Расхода" ( $P > P$ ).

По имеющимся материалам нами составлено внутригодовое распределение "Прихода" и "Расхода" для лет различной водности в виде процента от нормы стока. Водность года обычно прогнозируется Главгидрометом и для любой расчетной водности можно определить внутригодовое распределение стока. Эти сведения нужны для прогноза диспетчерских графиков.

Рассмотрим несколько случаев построения диспетчерских графиков, используя фактический материал Чимкурганского водохранилища.

*1 случай.* Чимкурганское водохранилище за 1995 год. Водность  $P = 0,65$  (65 % от нормы). ЛОНО =  $404,22 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

В табл.1 приведены сведения "Приходной" и "Расходной" части баланса. Составлена разность и сумма разностей.

Согласно табл.1, для 1955 г. наибольшая отрицательная сумма разностей в VIII месяце имеет значение –  $65,36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .



Отсюда наименьший начальный объем водохранилища, при котором ординаты графика будут положительными, равен  $(W_n)_{min}=65,36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

Прибавляя сумму разностей по месяцам к  $(W_n)_{min}$ , получим наинизшую кривую с положительными ординатами (табл.1 и рис.1).

Согласно табл.1, наибольшее положительное значение суммы разностей имеет место в III месяце и равно  $168,84 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

Наибольший начальный объем водохранилища, при котором ординаты графика не превышают ЛОНО, составит:

$$(W_n)_{max} = \text{ЛОНО} - 168,84 \cdot 10^6 \text{ м}^3 = (404,22 - 168,84) \cdot 10^6 \text{ м}^3 = 235,38 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Прибавляя к  $(W_n)_{max}$  сумму разностей по месяцам, получим верхнюю кривую расчетной зоны водообеспеченности, которая не превышает ЛОНО. Для начального объема  $W_n$  на 01.01 условие расположения диспетчерского графика в расчетной зоне водообеспеченности можно выразить так  $(W_n)_{min} \leq W_n \leq (W_n)_{max}$ .

$$\text{Для 1995 г. } W_n = 161,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

На рис.1 диспетчерский график дня этого значения начального объема на 01.01 расположен в расчетной зоне водообеспеченности.

II случай. Чимкурганское водохранилище за 1997 г. Водность года  $P = 0,65$  (65 % от нормы). ЛОНО  $400 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

В табл.2 приведена "Приходная" и "Расходная" части водобаланса, составлена разность и сумма разностей.

Так как сумма разностей не имеет отрицательных значений (рис.2), то  $(W_n)_{min} = 0$ .

Наибольшая положительная сумма разностей равна

$$269,42 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \text{ (V месяц)}.$$

Наибольший объем водохранилища, при котором кривая ординат не превосходит ЛОНО, будет равен

$$(W_n)_{max} = \text{ЛОНО} - 269,42 \cdot 10^6 \text{ м}^3 = (400 - 269,42) \cdot 10^6 \text{ м}^3 = 130,58 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Условие расположения диспетчерского графика в расчетной зоне водообеспеченности выражается так

$$0 \leq W_n \leq (W_n)_{max}$$

В этом случае кривая суммы разностей является нижней огибающей расчетной зоны водообеспеченности.

III случай. Чимкурганское водохранилище за 1993 г.

Водность года  $P = 2,18$  (218 % от нормы)

$$\text{ЛОНО} = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

В табл.3 приводятся "Приход" и "Расход", их разность, сумма разностей.

Наибольшее отрицательное значение в IX месяце равно  $196,05 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

$$(W_n)_{max} = \text{ЛОН} - 163,35 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

$$W_3 = 91,66 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \quad \text{ЛОН} = 500 - 91,66 = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

$$(W_n)_{max} = 408,34 - 163,35 = 244,99 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Прибавляя к  $(W_n)_{min}$  и  $(W_n)_{max}$  значения суммы разностей по месяцам, получим нижнюю  $(W_n)_{min}$  верхнюю  $(W_n)_{max}$  кривые расчетной зоны водообеспеченности, которые приведены на рис.3. Если к начальному объему водохранилища на 01.01.1993 г., равному  $W_n = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , прибавить сумму разностей, то получим кривую, которая выходит за пределы ЛОНО.

Таблица 1  
 Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1995 г. по данным Главгидромета  
 $L_{НО} = 404,22 \cdot 10^6 \text{ м}^3$   
 $W_{\text{нор}} = 672 \cdot 10^6 \text{ м}^3$   $P = 0,652$ ;  $P^I = 65,2\%$  от нормы. На 01.01.93  $W_n = 161,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годо- вая
Приход, $10^6 \text{ м}^3$	73,9	80,6	84,5	31,5	33,1	19,8	16,6	21,9	12,6	16,1	15,7	32,1	438,4
Расход, $10^6 \text{ м}^3$	1,62	5,24	63,3	15,8	45,8	73,3	102	60,2	1,75	5,44	18,4	0,88	453,7
Разность, $10^6 \text{ м}^3$	72,28	15,36	21,2	-44,3	-12,7	-53,5	-85,4	-38,3	10,85	10,66	-2,7	31,22	-15,33
Суммарная разность, $10^6 \text{ м}^3$	72,28	147,64	168,84	124,54	111,84	58,34	-27,06	-65,36	-54,51	-43,85	-43,55	-15,33	-15,33
Ординаты при $(W_n)_{\text{min}} = 65,36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	137,64	213,00	234,2	189,90	177,20	123,70	38,30	0,0	10,85	21,51	18,81	50,03	
Ординаты при $W_n = 161,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	233,48	308,84	330,04	285,74	273,04	219,54	134,14	95,84	106,69	117,35	114,65	145,87	
Ординаты при $(W_n)_{\text{max}} = 235,38$	307,66	383,62	404,22	359,92	347,22	293,72	208,22	170,02	180,87	191,53	188,83	220,05	

Таблица 2.  
Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1997 г. по данным Главгидромета  
ЛОНО =  $400 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

$$W_{\text{нор}} = 672 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \quad P = \frac{437}{672} = 0,651; \quad P^I = 65,1 \% \text{ от нормы. Из ежегодника на } 01.01.93 \quad W_{\text{н}} = 35,17 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годо- вая
Приход, $10^6 \text{ м}^3$	16,9	29,6	71,8	64,6	131	37,1	11,3	7,77	20,9	9,96	11,9	24,5	437,33
Расход, $10^6 \text{ м}^3$	2,58	0,52	0,78	14,9	25,7	85,9	112	92,4	5,58	21,6	23,4	15,8	401,16
Разность, $10^6 \text{ м}^3$	14,32	29,08	71,02	49,7	105,3	-48,8	-100,7	-84,63	15,32	-11,64	-11,5	8,7	236,17
Суммарная разность, $10^6 \text{ м}^3$	14,32	43,4	114,42	164,12	269,42	220,62	119,92	35,29	50,61	38,97	27,47	36,17	36,17
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{min}} = 35,17 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	49,49	78,57	149,59	199,29	304,59	255,79	155,09	70,46	85,78	74,14	62,64	71,34	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{max}} = 130,58 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	144,9	173,98	245,0	294,7	400	351,2	300,5	165,87	181,79	169,55	158,07	166,75	

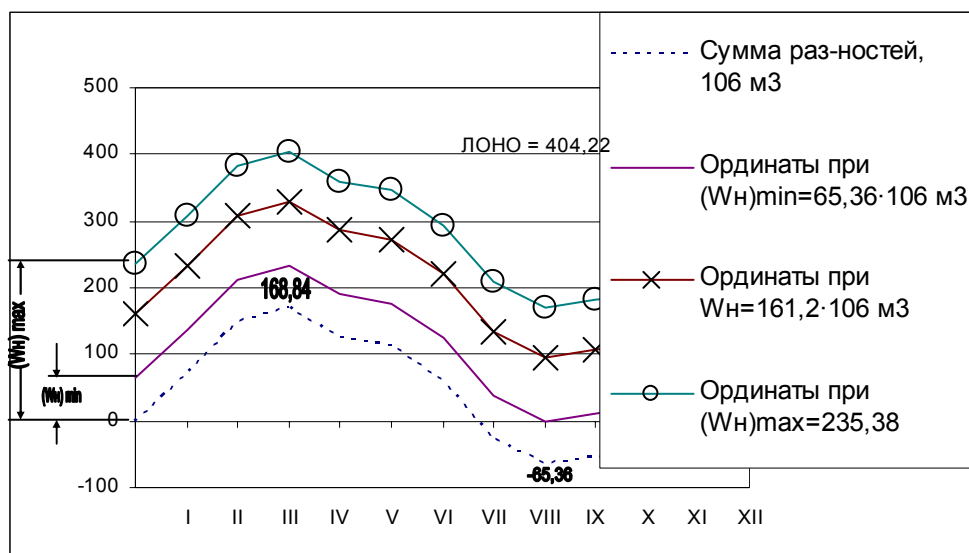


Рис. 1  
Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1995 г.

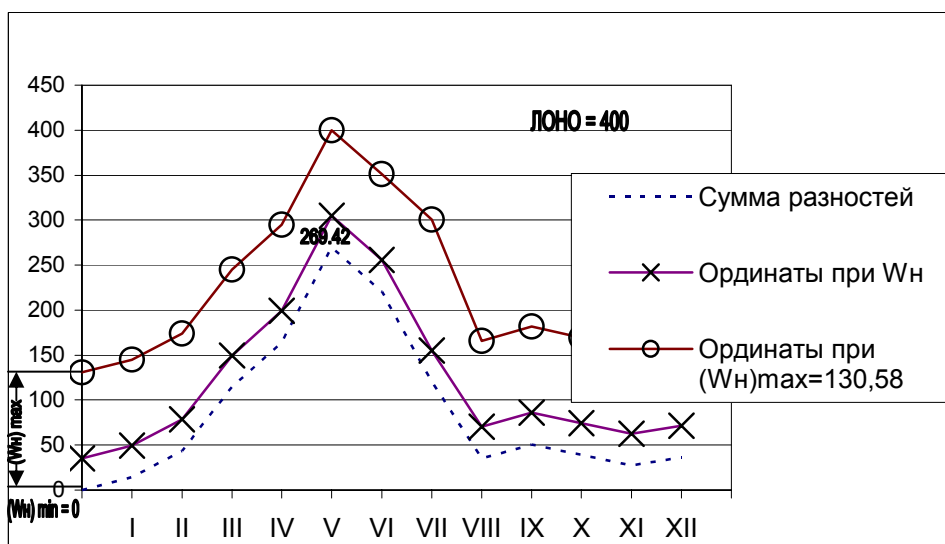


Рис. 2  
Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1997 г.

Сравнивая ординаты при  $W_n = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  следует отметить, что во II, III, IV, V месяцах наблюдается превышение значения  $ЛОНО = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Нужна корректировка режима работы Чимкурганского водохранилища за 1993 г. в I, II, III, IV месяцах увеличен "Расход" с таким расчетом, чтобы сумма разностей в IV месяце совместно с начальным объемом на 01.01.93 г. равного  $295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  достигла значения  $ЛОНО = 408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

Из табл.3 следует, что наибольшая отрицательная сумма разностей после корректировки составляет  $-250,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

Наибольшее значение положительной суммы разностей равна  $112,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Тогда новое значение  $(W_n)'_{\max} = ЛОНО - 112,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3 = (408,34 - 112,6) \cdot 10^6 \text{ м}^3 = 295,74 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ .

Прибавляя сумму разностей по месяцам к  $(W_n)'_{\min}$  и  $(W_n)'_{\max}$ , получим новую верхнюю и нижнюю кривую расчетной зоны водообеспеченности.

Кривая для начального объема Чимкурганского водохранилища на 01.01.93 г. равного  $295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  совпадает с верхней огибающей кривой расчетной зоны водообеспеченности, т.е.  $W_n = (W_n)'_{\max}$ . Такой режим работы водохранилища является рациональным.

Проведенные расчеты диспетчерских графиков показали, что возможны различные режимы наполнения и сработки, и поэтому нужны прогнозные расчеты диспетчерских графиков, которые позволяют выбрать в каждом конкретном случае рациональный режим работы.

Для прогноза диспетчерских графиков нужно определить:

1. Месячный "Приход"

$$\Pi_i = \frac{N \cdot S}{100} \cdot p_{ni} \quad (1)$$

где  $N$  – годовая норма стока,  $10^6 \text{ м}^3$ ;

$S$  – водность года в % от нормы. Прогноз водности составляется Главгидрометом РУз;

$p_{ni}$  – процент внутригодового месячного прихода. Может быть определен по табл.1.

2. Месячный "Расход"

$$P_i = \frac{N \cdot S}{100} \cdot k \cdot p_{pi} \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент, который для расходной части баланса принимается

$k > 1,0$  ("Расход" больше "Прихода",  $P > \Pi$ ),

$k = 1,0$  ("Расход" равен "Приходу",  $P = \Pi$ ),

$k < 1,0$  ("Расход" меньше "Прихода",  $P < \Pi$ ).

$p_{pi}$  – процент внутригодового месячного распределения (табл. 1).

3. Составляется разность

$$\Pi_i - P_i \quad (3)$$

4. Рассчитывается сумма разностей

$$\sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (4)$$

5. Минимальный начальный объем водохранилища, обеспечивающий положительные ординаты графика. Принимается как абсолютное значение наибольшего отрицательного значения суммы разностей

$$(W_H)_{min} = \max \left| - \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \right| \quad (5)$$

6. Определяется линия ограничения наполнения объема (ЛОНО)

$$ЛОНО = W_H - W_3 \quad (6)$$

где  $W_H$  – начальный проектный объем водохранилища;

$W_3$  – объем заиления. Рассчитывается по предлагаемой методике [3, стр.30].

Таблица 3

Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1993 г. по данным Главгидромета

ЛОНО =  $408,34 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ 

$$W_{\text{нор}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3 \quad P = 2,18; \quad P^I = 218 \% \text{ от нормы. На } 01.01.93 \quad W_{\text{н}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовая
Приход, $10^6 \text{ м}^3$	57,6	129,0	251,0	231,0	312,0	160,0	44,4	20,6	21,4	69,3	74,2	95,5	1466,00
Расход, $10^6 \text{ м}^3$	3,55	66,7	237,0	198,0	326,0	212,0	167,0	163,0	49,8	12,0	17,7	10,4	1463,15
Разность, $10^6 \text{ м}^3$	54,05	62,3	14,0	33,0	-14,0	-52,0	-122,6	-142,4	-28,4	57,3	56,5	85,1	+2,85
Суммарная разность, $10^6 \text{ м}^3$	54,05	116,35	130,35	163,35	149,35	97,35	-25,25	-167,65	-196,05	-138,75	-82,25	2,85	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{min}} = 196,05 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	250,1	312,40	326,40	359,4	345,4	293,40	170,8	28,4	0	57,30	113,8	198,90	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{max}} = 244,99 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	299,04	361,34	375,34	408,34	394,34	342,34	219,74	77,34	48,94	106,24	162,74	247,84	
Ординаты при $W_{\text{н}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	349,85	412,15	426,15	459,15	445,15	393,15	270,55	128,15	99,75	157,05	213,55	298,65	
Корректировка режима работы путем увеличения расходной части в II, III, IV													
Приход, $10^6 \text{ м}^3$	57,6	129,0	251,0	231,0	312,0	160,0	44,4	20,6	21,4	69,3	74,2	95,5	1466,0
Расход, $10^6 \text{ м}^3$	15,0	75	245	221	326	212	167	163	49,8	12,0	17,7	10,4	
Разность, $10^6 \text{ м}^3$	42,6	54	7	11	-14	-52	-126,6	-142,4	-28,4	+57,3	+56,5	+85,1	
Сумма разностей, $10^6 \text{ м}^3$	42,6	96,6	103,6	112,6	+98,6	+46,6	-80	-222,4	-250,8	-193,5	-137,0	-51,9	
Ординаты при $W_{\text{н}} = 295,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	332,8	376,8	380,8	408,4	394,4	342,4	215,8	73,4	46	102,3	158,8	243,9	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{min}} = 250,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$	293,4	347,4	354,4	363,4	349,4	297,4	170,8	28,4	0	57,3	113,8	198,9	
Ординаты при $(W_{\text{н}})_{\text{max}} = 295,74$	338,34	392,34	399,34	408,34	394,34	342,34	215,74	73,34	44,94	102,24	158,74	243,84	

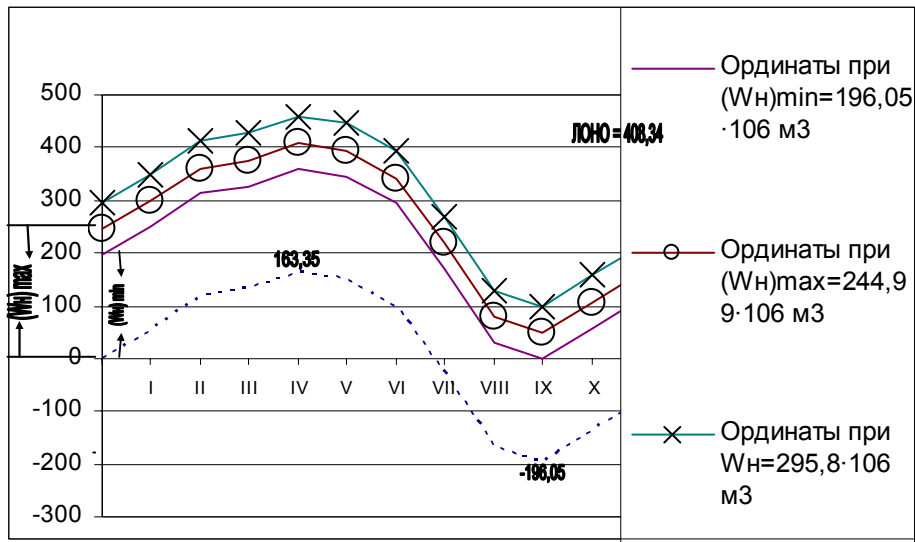


Рис. 3  
Режим работы Чимкурганского водохранилища за 1993 г.

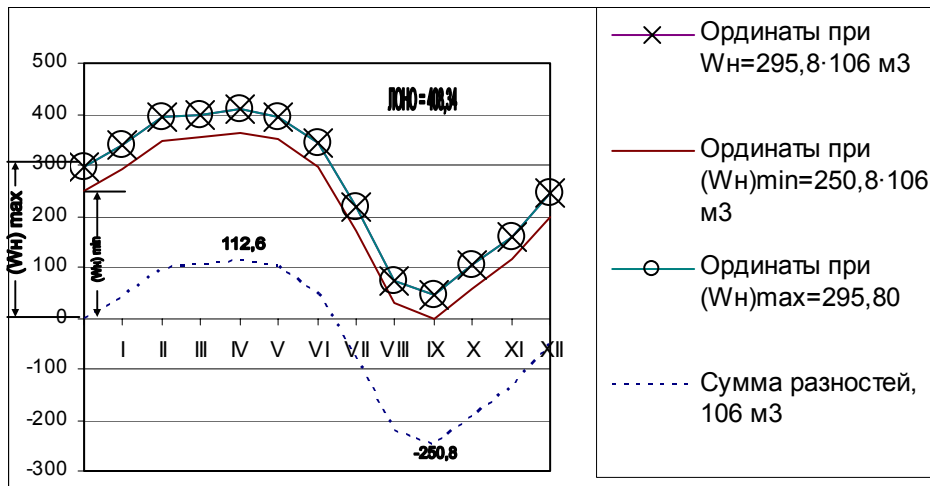


Рис. 4  
Корректировка режима работы Чимкурганского водохранилища за 1993 г.

7. Определяется наибольший начальный объем водохранилища, для которого ординаты графика не превышают ЛОНО.

$$(W_n)_{max} = LOHO - \max[+\sum(P_i - P_i)] \quad (7)$$

Вычитаемое принимается как наибольшее положительное значение суммы разностей.

8. Расчетная зона водообеспеченности

$$(W_n)_{min} < W_n \leq (W_n)_{max} \quad (8)$$

Рациональный режим обеспечивается при условии  $W_n = (W_n)_{max}$

9. Ординаты расчетной зоны водообеспеченности

Нижняя кривая

$$(W_1)_i = (W_n)_{min} + \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (9)$$

Верхняя кривая

$$(W_2)_i = (W_n)_{max} + \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (10)$$

Расчетный режим наполнения и сработки водохранилища для значения объема  $W_n$  на начало рассматриваемого года (01.01) определяется по выражению

$$W_p = W_n + \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (11)$$

### Литература

1. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Гидрометеиздат, Л.: 1963. – 302 с.
2. Бахтияров В.А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. Гидрометеиздат, Л.: 1961. – 430 с.
3. Скрыльников В.А. Расчет заилиения водохранилищ. В журнале "Гидротехническое строительство", № 8, 1988. – С.30-33.
4. Скрыльников В.А. и др. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ. Ташкент: "Мехнат", 1987. – 243 с.

## СРЕДСТВА ВОДОУЧЕТА И АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

**О.С. Макаров\*, К.К. Бейшекеев\*\*, У.С. Боронбаев\*, В.Н. Шаров\*,  
А.В. Артюхин\*, В.С. Верета\***

**\*Координационный метрологический центр МКВК  
(ПКТИ «Водавтоматика и метрология»),**

**\*\*Департамент водного хозяйства МСВХ и ПП Кыргызской Республики**

подавляющее большинство водохозяйственных оросительных систем в странах ЦАР являются открытыми. Важнейшим условием эффективной работы этих систем и рационального использования водных ресурсов, является оперативный и достоверный водоучет. Это особенно актуально в условиях платного водопользования. Кроме этого на основе достоверных данных, полученных от водоучета, осуществляется управление процессами водозабора и водораспределения, регулирование водного режима, контроль за технической эксплуатацией сооружений и системой в целом.

Как известно, расход, объем и сток воды определяются косвенными методами, по значению уровней и скорости потока воды (непосредственной оценкой, дифференциальными измерениями, интегрированием и т. д.), которые непосредственно измеряются "прямым" методом. Таким образом, для успешного функционирования оперативного планирования и водораспределения, а также для внедрения водоучета необходимо комплексно решить следующие задачи:

- измерения уровней воды на источниках орошения и каналах, верхних и нижних бьефах гидротехнических сооружений, водохранилищах;
- измерения скоростей потока воды на водомерных сооружениях (гидропостах);
- измерения линейного и углового перемещения различных затворов и гидроавтоматов;



- комплексная автоматизация ГТС.

Проблемы метрологического обеспечения водоучета и внедрения средств автоматизации на оросительных системах обусловлены общим для всех стран ЦАР состоянием становления в новых условиях экономического развития. Сохраняя преемственность основных метрологических положений и приспособлявая их к новым требованиям хозяйствования, ПКТИ “Водавтоматика и метрология” продолжает разрабатывать, внедрять средства измерения и рабочие эталоны, используемые на водохозяйственных системах. При этом в институте принят комплексный метод решения данного вопроса: разработка – проектирование – изготовление средств измерения и автоматизации – изготовление стендового и поверочного оборудования – пуско-наладка - нормативно методическое обеспечение - тренинг.

В частности, можно остановиться на следующих основных технических разработках, имеющих перспективное направление.

## **I. Средства водоучета и автоматизации**

### **1.1. Измеритель скорости воды ИСВ-01**

Основным средством водоучёта на открытых оросительных системах стран ЦАР (до 80%) являются водомерные сооружения типа “фиксированное русло”, 70% из них имеют скорость потока воды от 0,1 до 3,0 м/с. Учёт воды на таких водомерных сооружениях осуществляется в основном, методом “скорость-площадь”, в соответствии с МВИ-05-90 “Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расхода воды методом “скорость-площадь” с использованием водомерных рек и гидрометрических вертушек”.

Наиболее широко применяются гидрометрические вертушки типа ГР-21, ГР-55, ГР-99, ИСТ (ВГ-70, ВГ-120), микро. Большая часть этих гидровертушек изготавливалась в Европейской части бывшего Советского Союза (Грузия, Белоруссия, Россия) и в настоящее время в связи с разрывом экономических связей, гидрометрические вертушки практически не поступают на рынок ЦАР, а имеющиеся запасы гидровертушек, которые постепенно изнашиваются, морально и физически устаревают.

Кроме того, в связи с расформированием колхозов и совхозов в сравнительно мелкие фермерские хозяйства, появляется большое количество небольших гидропостов с наполнением воды 0,1÷0,5 м. Имеющиеся гидровертушки типа ГР и ИСТ оснащены сравнительно большими лопастными винтами и не в состоянии обеспечивать измерения на малых глубинах.

Применение секундомеров и звонков и громоздкие расчёты при измерении скорости также не отвечают требованиям сегодняшнего дня, заставляют искать новые пути в методах контроля.

В конце 2001 года был разработан прибор для измерения скорости воды ИСВ-01.

Основной задачей при разработке прибора являлось создание высокоточного, малогабаритного прибора, работающего в широком диапазоне скоростей и глубин наполнения каналов. Прибор позволяет не только измерять скорость потока воды, но и благодаря применению современной электронной базы (микропроцессора, алфавитно-цифрового дисплея, Flash памяти), рассчитывать расход воды.

Имеется возможность запоминания информации о тридцати гидропостов, а также выход по интерфейсу RS-232 на персональный компьютер для создания базы данных.

Градуировка, поверка и аттестация ИСВ-01 производится на специальном стенде роторного типа “Установка поверочная измерителей скорости течения водного потока УПИС-1”

Конструктивно ИСВ-01 выполнен в виде малогабаритного переносного прибора с автономным питанием, состоящего из двух независимых частей: первичного преобразователя (датчика) и вторичного преобразователя (измерительного блока), соединённых между собой кабелем.

Структурная схема ИСВ-01 приведена на рис. 1.

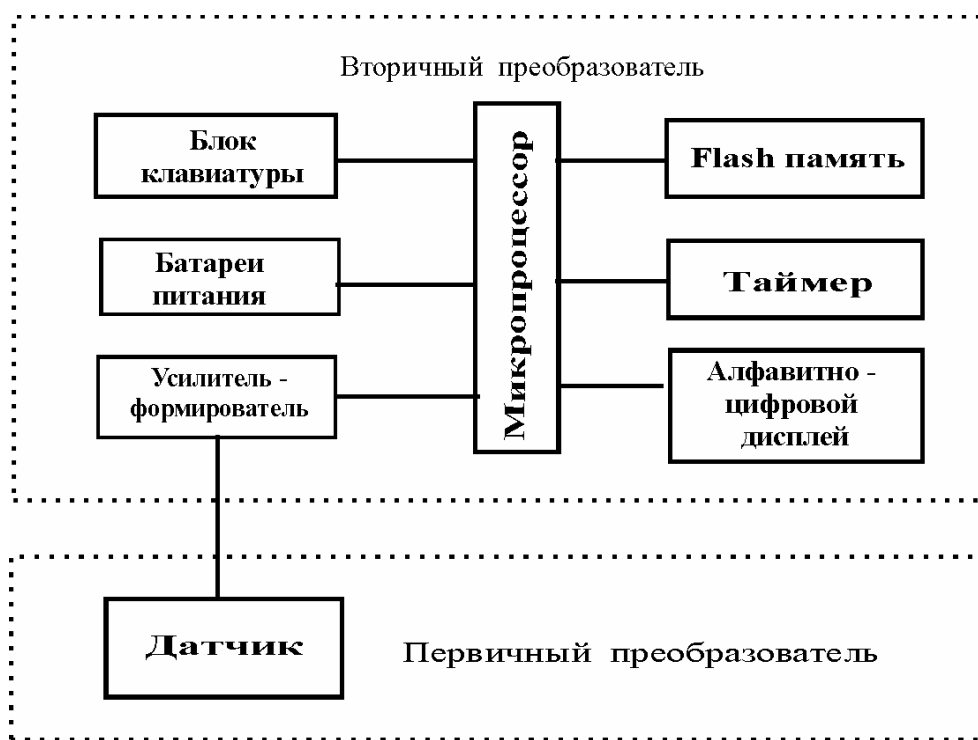


Рис. 1. Структурная схема ИСВ - 01.

Технические характеристики ИСВ-01:

- диапазон измерения скорости воды с нормированной погрешностью, м/с от 0,1 до 3,0;
- полный диапазон измерения скорости воды м/с от 0,1 до 5,0;
- предел основной приведённой погрешности измерения скорости воды, % не более 2,0;
- диаметр лопастного винта, мм 15; 20;
- минимальная глубина потока, м 0,15;
- максимальная глубина потока: ограничивается средствами установления датчика в поток;
- средство установления датчика в створе - гидрометрическая штанга диаметром 28 мм;
- технологическое время измерения скорости, сек. 30; 60; 100;
- напряжение питания, В.  $5 \pm 1$ ;
- масса в упакованном состоянии, кг не более 2,2;
- средний срок службы, лет не менее 10;
- наработка на отказ, час. не менее 1000;

Прибор сертифицирован, сертификат № KG 417/01.12.703 от 19.02.03 г.

## 1.2. Уровнемер емкостной УЕМ

Введение коммерческого водоучета требует определения расхода с последующим расчетом стока воды за определенный интервал времени стока воды с погрешностью не более 5%. Но сложившаяся в настоящее время система измерения уровня воды отстает от современных требований. В настоящее время в водном хозяйстве, в соответствии с существующими инструкциями, уровень воды на водомерных сооружениях измеряется два раза в сутки. Суточные колебания уровня воды, особенно в предгорных зонах, достигают до 30-40% от среднесуточного значения. Эти колебания являются следствием изменения суточного гидрографа стока горных рек, максимум которого проходит в темное время суток. Кроме того, на суточные колебания уровня воды влияют и другие возмущающие факторы. В связи с вышеизложенным, измерение уровня два раза в сутки, недостаточно. Погрешность расчета стока может достигать 30-40%. Для уменьшения погрешности расхода воды необходимо круглосуточное измерение уровня воды на водомерных сооружениях.

Разработанный емкостной уровнемер УЕМ позволяет производить круглосуточное измерение уровня воды в режиме накопления данных с заданным интервалом опроса. Принцип действия датчи-

ка основан на преобразовании уровня воды в электрическую емкость с последующей ее обработкой в цифровой форме. Конструктивное и схемное решение УЕМ обеспечивает минимальное энергопотребление, габариты и удобство в эксплуатации. Структурная схема датчика приведена на рис. 2.

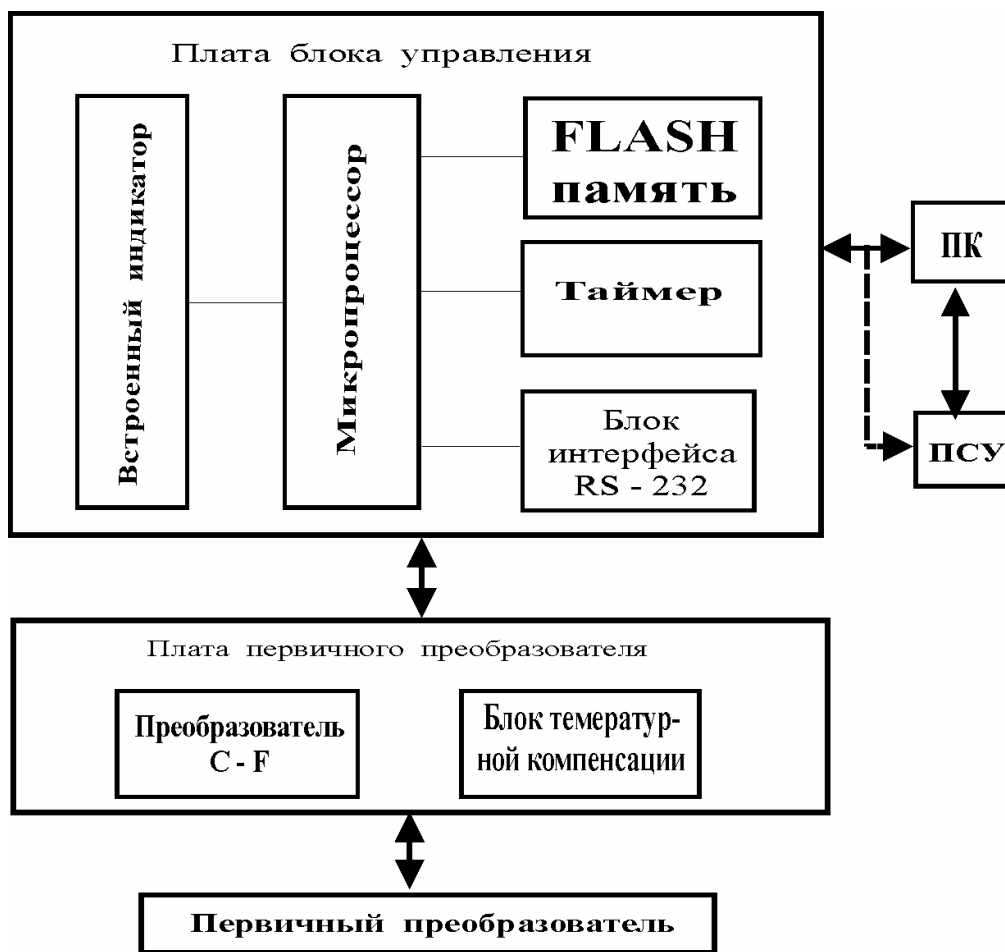


Рис. 2. Структурная схема уровнемера УЕМ

УЕМ может быть использован как на объектах обеспеченных электроэнергией, так и на объектах необеспеченных (автономный режим) электроэнергией.

В автономном режиме, чтение накопленных данных и последующая их перезапись в компьютер осуществляется при помощи специального переносного устройства – логгера.

Для энерго обеспеченных объектов при функционировании в составе АСУ ТП связь с УЕМ с внешними устройствами осуществляется по интерфейсу RS-485.

Гибкое программное обеспечение позволяет использовать следующие функциональные возможности УЕМ.

В режиме “стокомер” УЕМ измеряет уровень воды с заданной частотой опроса. Затем по зависимости  $Q=F(h)$  производит расчет расхода и стока воды. Значения уровня или расхода и стока воды записываются в память. Текущие значения результатов измерения и расчетов выводятся по требованию пользователя на индикатор, представляющий собой двухстрочный алфавитно-цифровой дисплей. Кроме того, информация может быть выведена на компьютер.

Ввод в УЕМ исходной информации (частоты опроса, дискретность задания уровня, параметров водомерных сооружений, зависимости  $Q=F(h)$  и т. п.), осуществляется с помощью специально разработанного программного обеспечения и поставляется Заказчику вместе с изделием.

Поверка УЕМ осуществляется на специальном стенде, который, как и сам прибор, сертифицирован (сертификат № КГ 417/01.12. 705 от 26.03.03 г.) Госстандартом Кыргызской Республики.

По желанию заказчика УЕМ может быть изготовлен с диапазонами измерения уровней воды: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м.

Основные технические характеристики УЕМ приведены ниже.

Абсолютная погрешность измерения уровня не более 10 мм.

Погрешность определения расхода обуславливается погрешностью используемой градуировочной характеристики аттестованного гидропоста.

Выход – цифровой: RS-485, RS-232.

Питание:

- 4 гальванических элемента по 1,5 В;
- источник постоянного тока +12 или +24 В;

Максимальная потребляемая мощность не более 0,6 Вт.

Минимальный интервал опроса – 200 мс.

Объем памяти до 8 кбайт.

Адрес – от 0 до 254.

Индикация – двухстрочный 32-символьный алфавитно-цифровой дисплей.

### 1.3. Устройство контроля технологических параметров УКТП

ПКТИ “Водавтоматика и метрология” в свое время проектировал и вводил в действие несколько информационно-управляющих систем на крупных энергетических и водохозяйственных объектах, где необходимо было осуществлять измерения линейных и угловых перемещений различных затворов, а также уровней воды в диапазоне от 0 до 32 м. Проведенный анализ существующих аналогов соответствующих датчиков показал, что можно совместить все эти функции в одном устройстве. Дальнейший ход разработки показал, что совмещение этих функций несколько не приводит к удорожанию датчика. В результате этого в нашем институте разработано устройство контроля технологических параметров (УКТП), которое позволяет измерить линейное и угловое перемещения затворов, а также уровень воды в широком диапазоне.

УКТП предназначено для измерения величины перемещения плоских, конусных, сегментных затворов, уставок телезатворов на гидроавтоматах, уровней воды в каналах и водохранилищах, а также расчета значений расхода и стока воды.

Вид контролируемого параметра (линейное и угловое перемещение, расход, сток) и диапазон измерения определяется вариантом конструктивного исполнения и программным обеспечением УКТП.

Принцип действия датчика основан на фотосчитывании величины перемещения с кодовых дисков. На входную ось датчика разработаны насадки для его сопряжения с перемещаемым элементом технологического оборудования. Структурная схема УКТП приведена на рис. 3.

Разработаны два типа УКТП:

УКТП-03 (однооборотный) для измерения линейного перемещения от 0 до 500 мм (угловых перемещений от 0 до 360°);

УКТП-02 (многооборотный) для измерения линейных перемещений от 0 до 32000 мм (угловых перемещений от 0 до 128 полных оборотов).

На фиксированных руслах, имеющих градуировочную зависимость расхода от уровня, УКТП может использоваться как расходомер со счетчиком стока.

УКТП обеспечивает опрос и гальваническую развязку четырех внешних цепей телесигнализации (типа “сухой контакт”).

Адресуемость УКТП позволяет использовать его в сетях последовательной передачи данных.

УКТП может функционировать автономно в режиме записи и хранения параметров технологического процесса с заданным интервалом опроса.

УКТП может быть оснащен встроенным или переносным устройством индикации (логгером) с автономным питанием. Логгер выполняет функции настройки УКТП, а также чтения информации, накопленной в автономно работающем датчике, для последующей перезаписи ее в компьютер.

УКТП сертифицирован Кыргызстандартом, имеется также сертифицированный поверочный стенд.

### 4. Рейка уровнемерная гидромелиоративная типа РУГ

В настоящее время на большинстве водомерных сооружений установлены уровнемерные рейки старого образца на диапазон измерения уровня воды до 2 м и с ценой деления 2 см или 1 см. Эти уровнемерные рейки за срок своей эксплуатации порядка 15 ÷ 20 лет пришли в негодность – разрушилась краска, покрылись ржавчиной, погнутоги, изломы, во многих случаях такие рейки заменены на самодельные деревянные измерительные рейки. Естественно, что использование уровнемерных устройств в таком состоянии при коммерческом учете недопустимо.

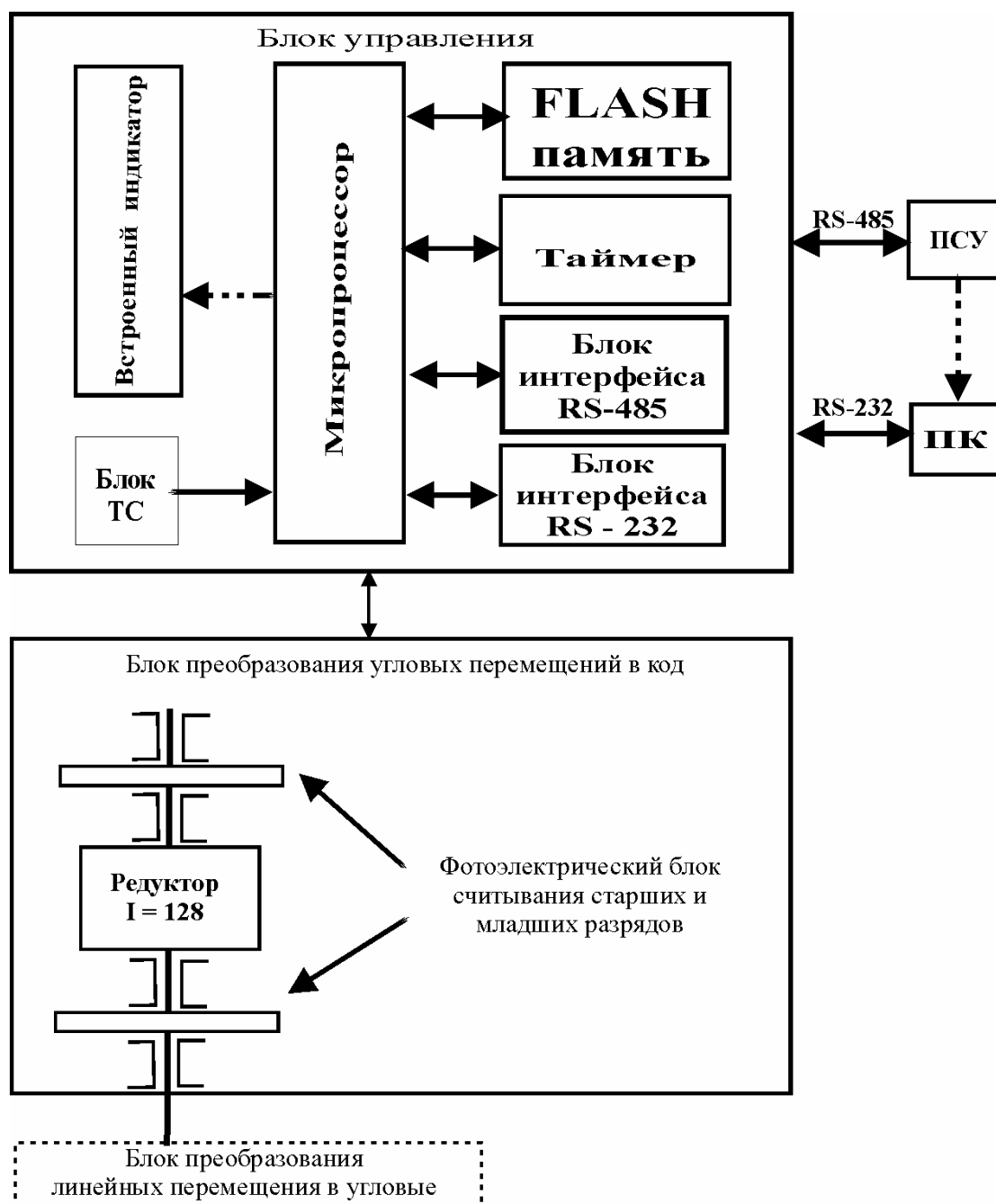


Рис. 3. Структурная схема устройства контроля технологических параметров УКТП-2

Кроме того, введение платного водопользования (коммерческий водоучет) и современные требования к водосбережению предъявляют более жесткие требования и к метрологическим требованиям средств измерения при водоучете. В частности, водоучет на гидростоях, использующих уровнемерные рейки с ценой деления 2 см и 1 см практически невозможно добиться точности измерения расхода воды не более 5%, требуемой нормативными документами.

ПКТИ “Водавтоматика и метрология”, проводя последовательную политику на переоснащение метрологического обеспечения водоучета в соответствии с требованиями времени к 2002 году подготовил необходимую базу, на основании которой была разработана конструкторская документация, изготовлены оборудование (штамп) и опытные образцы рейки уровнемерной гидромелиоративной типа РУГ, проведены их испытания на утверждение типа Национальным органом по стандартизации и метрологии Кыргызской Республики с выдачей сертификата № KG 417/01.12.681 об утверждении типа рейки уровнемерной гидромелиоративной типа РУГ и допущении ее к применению в Кыргызской Республике.

Рейка уровнемерная гидромелиоративная типа РУГ конструктивно представляет собой стальную полосу шириной 60 мм, толщиной 1-2 мм с антикоррозийным стойким покрытием и выпускается восемнадцати типоразмеров с длиной измерительной шкалы от 300 до 2000 мм с ценой деления шкалы рейки 5 мм и градацией между типоразмерами через 100 мм.

## **II. Метрологическое обеспечение водоучета на открытых оросительных системах Кыргызской Республики**

Важнейшим элементом метрологического обеспечения водоучета является рабочие эталоны, применяемые для аттестации и поверки средств измерения скорости потока воды, уровня воды, линейных и угловых перемещений. В институте этим работам уделяется большое внимание, и поэтому разработка стендового оборудования ведутся параллельно с разработкой средств измерения и автоматизации.

Институтом разработаны и внедрены следующие рабочие эталоны:

- установка поверочная датчиков линейных и угловых перемещений УПДЛУ № 1. Предназначен для проведения испытаний, поверки и калибровки датчиков угловых и линейных перемещений (сертификат № KG 417/01.12.688KP от 01.12.2002 г.);
- стенд для проведения поверки емкостных датчиков уровня, тип МС № 33ГД 44433.002 № 1 (свидетельство о поверке № 1668, от 14.11.2002 г., абсолютная погрешность  $\Delta = \pm 1$  мм);
- стенд для поверки гидрометрических реек (свидетельство № 789, от 07.06.02г.);
- установка поверочная измерителей скорости водного потока УПИС-1 № 002 (свидетельство о поверке рабочего эталона № 2178 от 09.10.2002 г.).

Из перечисленных выше рабочих эталонов наибольший интерес вызывает установка поверочная измерителей скорости водного потока УПИС-1, отличающейся от остальных по сложности исполнения. Ниже приводятся необходимые сведения о ней.

### **2.1. Установка поверочная измерителей скорости потока воды УПИС-1**

На сегодняшний день на оросительных системах стран центрально-азиатского региона (ЦАР) – для целей водоучета эксплуатируется десятки тысяч гидропостов. Кроме того, развитие Ассоциаций водопользователей и мелких фермерских хозяйств нарастающим итогом увеличивает число гидропостов, особенно во внутриводхозяйственной оросительной сети, и их число пока не поддается объективному учету.

В общей сложности не менее 80 % этих гидропостов являются гидропостами типа “фиксированное русло”, где расход воды определяется методом “скорость-площадь”, а скорость потока воды определяется с помощью гидрометрических вертушек.

Для контроля и учета водных ресурсов, осуществляемых с помощью гидропостов на открытых системах водопользования стран ЦАР потребуется тысячи гидровертушек, которые по требованиям технических регламентов должны подвергаться поверке один раз в два года.

Поверка гидровертушек осуществляется на установках типа УПИС – это область ее применения.

Установка поверки измерителей скорости водного потока – УПИС – является рабочим эталоном. Она разработана в 1986 году в ПКТИ “Водавтоматика и метрология”, к 1991 году была тиражирована в количестве 25 экземпляров для различных регионов СССР, в том числе для стран ЦАР было изготовлено, отправлено и введено в эксплуатацию 16 установок. Срок работы установки – 8 лет.

С момента ввода установки отработали 2 срока, пришли в негодность. Некоторые из них работоспособны, но не отвечают требованиям заданной точности. В связи с тем, что за прошедшие с момента выпуска установок 16 лет круто изменилась элементная, агрегатная, сервисная база, накопился опыт эксплуатации установок, а также учитывая современные требования к дизайну, эргономике и безопасности работы, реанимировать старые установки не представляется целесообразным. Нужны новые установки, отвечающие современным требованиям. Без введения установок УПИС в систему метрологического обеспечения гидропостов ввести объективный водоучет и водосберегающие технологии на открытых системах водопользования будет практически невозможно – в этом заключается актуальность оснащение водохозяйственных организаций УПИС. Практически УПИС не имеет аналогов, поскольку является не только малогабаритной, компактной, но и практически перемещаемой (перевозной) установкой, не требующей исходных эталонных средств для ее поверки.

Тем не менее, в качестве аналогов в сравнении с УПИС можно привести следующие устройства (табл.).

Тарировочные станции с прямолинейным и круговым бассейном – это крупногабаритные железобетонно-металлические конструкции стационарного наземного исполнения с большим количеством вспомогательных средств измерений и оборудования, расположенные в закрытых помещениях (северные районы) или частично под открытым небом (прямолинейный или круговой бассейн – под открытым небом, оборудование и персонал – в помещениях).

Тарировочная станция с прямолинейным бассейном (каналом) должна быть оборудована специальной тележкой с хронографом и тахометром.

Круговой бассейн тарировочной станции состоит из двух концентрически расположенных цилиндров, пространство между которыми заполнено водой (бассейн Кузнецова). В центре бассейна на фундаменте укреплен карусель с несколькими штангодержателями, к которым крепятся штанги с тарируемыми и образцовыми вертушками. Карусель приводится во вращение с заданной скоростью с помощью электропривода постоянного тока. Тарировочная станция, тарирующая по методу сравнения, должна обязательно иметь хронограф с числом самописцев, равным количеству тарируемых и образцовых вертушек, отметчик времени (таймер).

Таблица

Наименование (марка) устройства	Габариты (L×B×H), м	Вес, т	Стоимость, \$ США	Примечания
1. УПИС-1, ПКТИ “В и М”	2,1×2,55×2,55	≤ 2,0	≅ 61500	
2. Тарировочная станция с прямолинейным бассейном (каналом), ГГИ	Прямолинейного бассейна – 140.0 × 1,5 × 1,3	Нет данных	Сотни тысяч	Точной информации о стоимости нет
3. Тарировочная станция с круговым бассейном, ГГИ	Диаметр наружного цилиндра – 5, внутреннего – 3, высота цилиндров – 1,3	Нет данных	Сотни тысяч	Точной информации о стоимости нет
4. Тарировочный лоток Урываева (ГР-19), ГГИ	3,1×1,0×2,2	Нет данных	≅ 70000	В стадии модернизации

Тарировочный лоток Урываева (ГР-19) представляет собой замкнутый малогабаритный (табл.) резервуар прямоугольной формы, заполненный водой. Внутренняя полость лотка разделена перегородкой так, что внутри резервуара образуется замкнутый трубопровод.

Тарирование вертушек в тарировочных лотках и круговых бассейнах производится по методу сравнения. Одна пара вертушек каждого типа является рабочей, а вторая пара – контрольной. Рабочая пара образцовых вертушек служит для повседневного тарирования, а контрольные – для периодического повторного тарирования рабочей пары.

Аналогично и для тарировочного лотка Урываева, который тарируется с помощью образцовых вертушек, тарированных также в прямолинейном бассейне. Кроме того, лоток Урываева находится в настоящее время в стадии модернизации и пока неизвестны его тарировочные характеристики.

Тарировка вертушек на УПИС не нуждается в образцовых вертушках, тарированных на прямолинейном бассейне, а сравнение погрешностей вертушек, тарированных на прямолинейном бассейне и УПИС, показало практическое отсутствие разницы в результатах.

Таким образом, установка обновленная УПИС по своим точностным, габаритным, эргономическим, сервисным, стоимостным и показателям безопасности работы является на сегодняшний день наиболее отвечающим средством в области метрологического обеспечения измерителей скорости водного потока для открытых систем водопользования.

Технические характеристики УПИС-1:

Потребляемая мощность установки, кВА – не более 3,5.

Габаритные размеры установки с мостиком обслуживания, но без шкафов управления, мм: длина – 2080, ширина – 2552, высота – 2540.

Масса установки, т – не более 2,0.

Эквивалентный диаметр градуируемого (тарируемого) измерителя скорости водного потока, мм: стандартный – от 15 до 1200, нестандартный (персональной градуировкой) – свыше 1200 до 2000.





ном для каждой конструкции) отводимые расходы воды остаются практически постоянными  $Q \approx const$ .

Использование этого свойства представляется возможным для целей водоучета стабилизаторами расходов воды на оросительных системах.

Проследим инвариантность стабилизаторов расхода воды на ряде примеров.

Запишем формулу истечения через стабилизатор для одной из наиболее перспективных на сегодня конструкций – кольцевого стабилизатора расхода воды:

$$Q = \mu b a \sqrt{2g(H - \varepsilon a)} = Cab. \quad (1)$$

Основываясь на принципе стабилизации водоподачи этими конструкциями [2], можем записать:

$$\mu \sqrt{2g(H - \varepsilon a)} = \frac{Q}{ab} = const. \quad (2)$$

Для кольцевого стабилизатора расхода воды (рис.1) примем:

$$\mu_1 \sqrt{2g(H - \varepsilon a)} = C_1; \quad (3)$$

$$\frac{Q}{ab} = C_2. \quad (4)$$

На основе экспериментальных исследований действующей модели кольцевого стабилизатора были получены водомерные характеристики (табл.1).

Таблица 1  
Водомерные характеристики

$a, \text{ мм}$	0,006	0,0115	0,0153	0,0191	0,0235
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,0015	0,0029	0,004	0,0051	0,0063
$C_1, \text{ м/с}$	1,721	1,734	1,730	1,758	1,776
$C_2, \text{ м/с}$	1,689	1,698	1,725	1,740	1,787

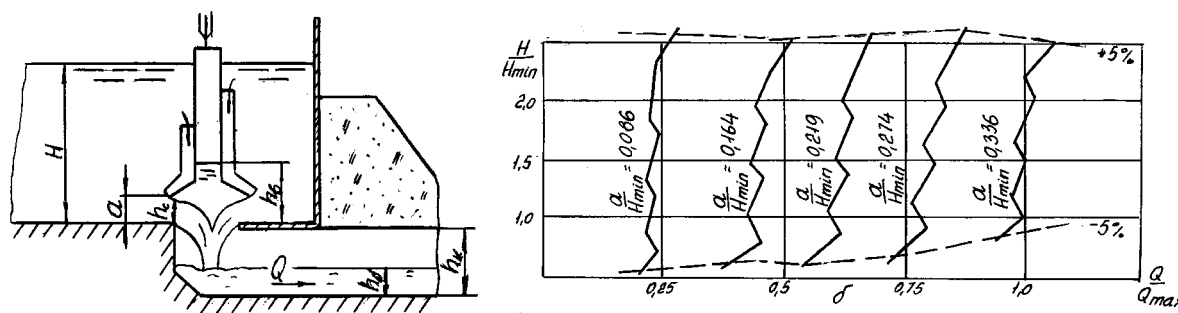


Рис. 1.  
Схема кольцевого стабилизатора расхода воды и его расходная характеристика

По результатам табл.1 водомерная константа с учетом допустимой точности ( $\pm 5\%$ ) была принята равной  $C = 1,74 \text{ м/с}$ .

В рассмотренном случае отводимый расход при нормальном режиме работы выбранной конструкции рассчитывается по формуле

$$Q = Cab = 1,74 \cdot b \cdot a. \quad (5)$$

Зависимость (5) подтверждает предположение об инвариантности стабилизаторов расхода воды.

Расходная характеристика кольцевых стабилизаторов расхода воды (рис. 2) позволяет утверждать о постоянстве отводимого расхода воды с точностью  $\pm 5\%$  при напорах перед стабилизатором  $H_{\max}/H_{\min} \leq 2,6...2,75$ .

Таким образом, водомерную константу для кольцевого стабилизатора можно рассчитать по зависимости

$$C = \mu \sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})}, \quad (6)$$

где  $a_{\max}$  – максимальное открытие стабилизатора.

Входящие в формулу (6) значения  $\mu$ ,  $H_{\min}$ ,  $\varepsilon$ ,  $a_{\max}$  задаются на стадии проектирования стабилизатора в соответствии с методикой инженерного расчета.

Зная водомерную константу  $C$  для конкретного кольцевого стабилизатора, легко установить отводимый расход по формуле:

$$Q = C \pi D a, \quad (7)$$

где  $D$  – диаметр кольцевого стабилизатора по кромке истечения.

Рассмотрим зависимости  $Q = f(H)$  у некоторых других конструкций стабилизаторов расходов воды.

Одним из первых был стабилизатор, именуемый затвором-автоматом с двойными наклонными стенками типа РД, разработан институтом “Средазгипроводхлопок” (рис. 2) [5].

Этот стабилизатор состоит из неподвижного порога-водослива и перемещающегося в вертикальной плоскости затвора с наклонными козырьками.

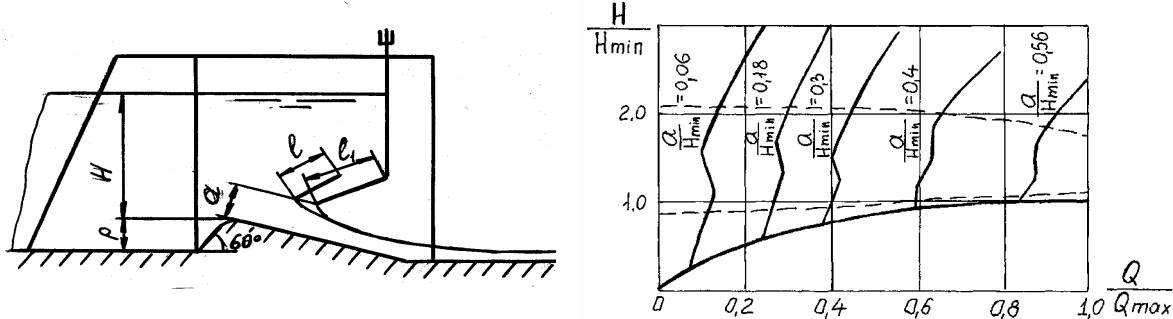


Рис. 2

Автомат с двойными наклонными стенками

Стабилизация водоподдачи обеспечивается за счет возрастания гидравлических сопротивлений и потерь напора при повышении уровня воды верхнего бьефа путем создания компактной обратной струи между двойными стенками, направленной навстречу основному потоку, вытекающему из-под затвора. В диапазоне колебаний напоров  $H_{\max}/H_{\min} \leq 2,0$  обеспечивается стабильная ( $\pm 5\%$ ) водоподдача конструкцией в отводящий канал. Расход истечения определяется по известной формуле истечения из-под затвора:

$$Q = ab\mu \sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = ab \cdot 0,6 \sqrt{2 \cdot 9,81((1 - 0,8 \cdot 0,1) - 0,7 \cdot 0,1)} = 2,4ab. \quad (8)$$

Входящая в (8) величина  $C = 2,4$  м/с является водомерной константой стабилизатора.

Рассмотрим еще один стабилизатор расхода воды, который называется “ступенчатый секционный коробчатый щит” (ССКЩ) (рис.3) [3].

В основе функционирования ССКЩ лежит также принцип обеспечения постоянства отводимого расхода за счет изменения  $\mu$  подщитового отверстия обратно пропорционально  $\sqrt{H}$ . Расходная характеристика ССКЩ приведена на рис.4.

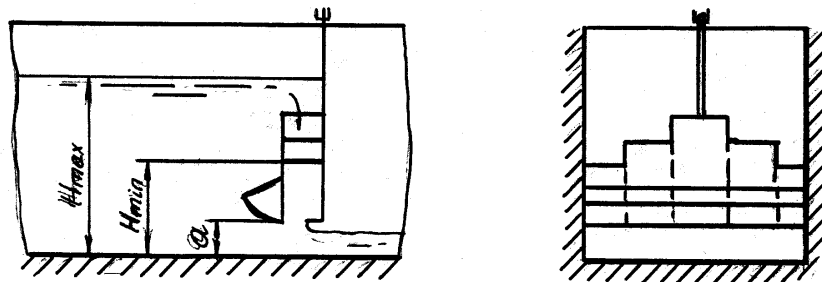


Рис.3  
Ступенчатый секционный коробчатый щит

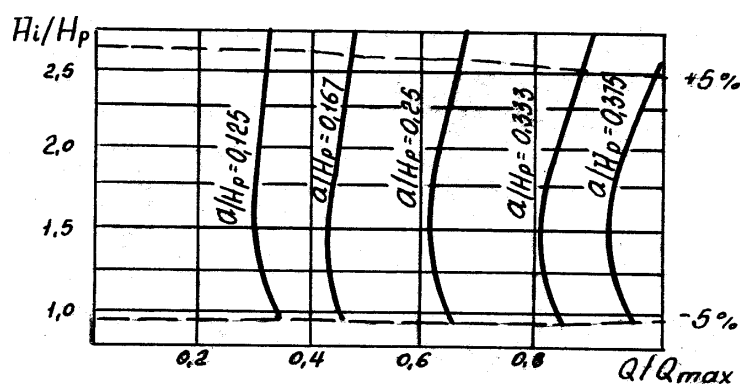


Рис.4  
Расходная характеристика ССКЩ

Рассматриваемая конструкция позволяет обеспечить довольно значительный диапазон колебаний напоров перед стабилизатором, при котором обеспечивается постоянство отводимого расхода воды. Стабилизация водоподачи обеспечивается, если  $H_{\max}/H_{\min} \leq 2,6$ .

Коэффициент расхода стабилизатора  $\mu = 0,7 \dots 0,73$ , коэффициент сжатия потока  $\varepsilon = 0,9 \dots 0,95$ , максимальное открытие  $a_{\max} = 0,38H_p$  ( $H_p = H_{\min}$ ).

Рассчитаем водомерную константу:

$$C = \mu \sqrt{2g(H_p - \varepsilon a_{\max})} = 0,7 \sqrt{2 \cdot 9,81(0,5 - 0,95 \cdot 0,38 \cdot 0,5)} = 1,75 \frac{м}{с}. \quad (9)$$

Расход истечения можно записать

$$Q = Cab = 1,75ab. \quad (10)$$

Таким образом, учет воды стабилизатором расхода ССКЩ, имеющим определенную ширину  $b$ , может обеспечиваться согласно формуле (10) в зависимости от величины открытия стабилизатора  $a$ .

Один из наименее металлоемких стабилизаторов расхода воды – “коробчатый моноблок” (КМ) с гидродействующей системой управления (рис.5) [1].

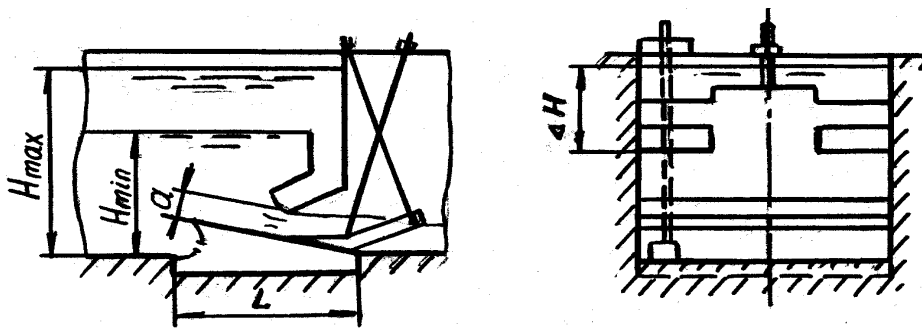


Рис.5  
КМ с гидродействующей системой управления

Соотношение напоров перед стабилизатором, при котором обеспечивается стабильная водоподача, у данной конструкции составляет  $H_{\max}/H_{\min} \leq 1,8$ .

Минимальный напор, при котором обеспечивается стабилизация водоподачи, назначается  $H_{\min} = 1,0$  м. Максимальное открытие стабилизатора  $a_{\max} = 0,35H_{\min}$ . Коэффициент расхода стабилизатора  $\mu = 0,56 \dots 0,66$ , коэффициент сжатия потока  $\varepsilon = 0,61 \dots 0,67$ .

Механизм функционирования стабилизатора основан на принципе стабилизации расхода отвода за счет изменения коэффициента расхода  $\mu$  в функции  $\sqrt{H}$ .

Расчет отводимого расхода осуществляется по зависимости (1).

Водомерная константа стабилизатора определяется следующим образом:

$$C = \mu \sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = 0,56 \sqrt{2 \cdot 9,81(1 - 0,67 \cdot 0,35)} = 2,1 \text{ м/с} . \quad (11)$$

С учетом (11) расход истечения

$$Q = Cab = 2,1ab . \quad (12)$$

Расходные характеристики стабилизатора приведены на рис. 6.

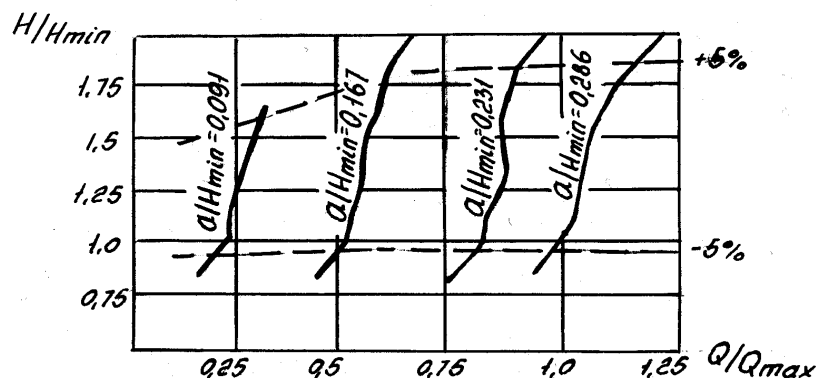


Рис.6  
Зависимости  $Q/Q_{\max} = f(H/H_{\min})$  стабилизатора КМ

Еще один стабилизатор расхода воды, работающий на принципе стабилизации расхода отвода за счет  $\mu = f(\sqrt{H})$ , называется моноблочный коробчатый стабилизатор расхода (МКСР) (рис. 7) [4].

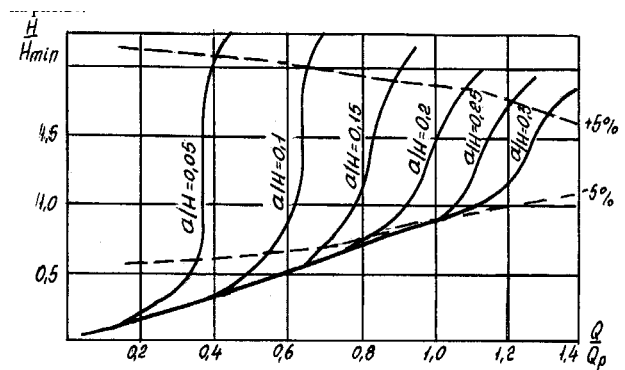
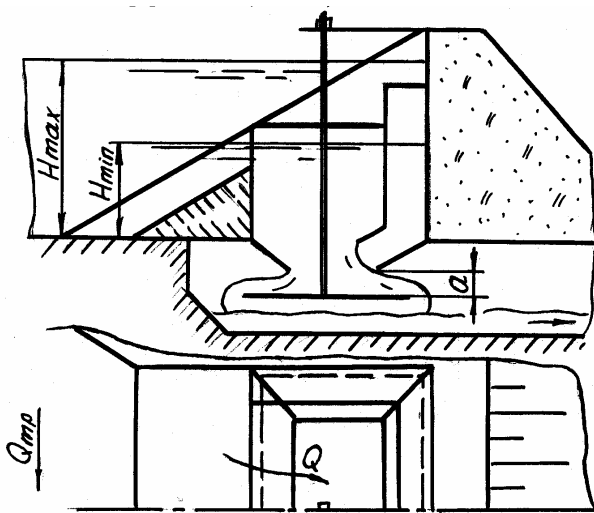


Рис. 7

Стабилизатор расхода воды МКСП и его расходная характеристика

Минимальное наполнение перед стабилизатором  $H_{\min} = 1$  м. Максимальное открытие стабилизатора  $a_{\max} = 0,25H_{\min}$ , коэффициент расхода  $\mu = 0,42 \dots 0,6$ , коэффициент сжатия потока  $\varepsilon = 0,6 \dots 0,7$ .

Расход истечения из-под МКСП

$$Q = a\Pi\mu\sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = C\Pi a, \quad (13)$$

где  $\Pi$  - периметр истечения (величина постоянная для конкретного стабилизатора).

Водомерная константа

$$C = \mu\sqrt{2g(H_{\min} - \varepsilon a_{\max})} = 0,42\sqrt{2 \cdot 9,81(1 - 0,6 \cdot 0,25)} = 1,71 \text{ м/с}. \quad (14)$$

С учетом (14) расход истечения

$$Q = 1,71\Pi a. \quad (15)$$

На рис. 7 наглядно видно, что в диапазоне колебаний напоров от 1 м до 1,8 м стабилизаторы являются водомерами с расходом истечения, определяемым по зависимости (15).

Результаты анализа водомерных характеристик стабилизаторов расхода воды позволяют рекомендовать стабилизаторы в качестве средств водоучета на оросительных системах. При этом в каждом конкретном случае необходимо на стадии проектирования системы водораспределения в зависимости от принимаемых типов стабилизаторов проводить расчет водомерных констант по аналогии с проведенным в настоящей работе.

## Литература

1. Бекбоева Р.С. Гидравлические исследования и расчет стабилизаторов расхода воды типа “коробчатый моноблок” с донным гидродействующим приводом управления // Автоматизация оросительных систем на базе ресурсо- и энергосберегающих технологий: Сб. науч. тр. / Кырг. с.-х. ин-т, 1995. – С.166–176.
2. Бочкарев Я.В., Атаманова О.В. Локальные системы стабилизации водоподачи на оросительных системах: Учеб. пособие. –Бишкек: КАА, 1997. –76 с.

3. Рохман А.И. Гидравлические исследования и разработка затворов-автоматов для горных водозаборных узлов на малых реках: Дисс. ...канд. техн. наук. –М., 1983. – 201 с.
4. Фролова Г.П. Гидравлические параметры и расчет моноблочных коробчатых стабилизаторов расхода воды: Дисс. ...канд. техн. наук. – Бишкек, 1998. –161 с.
5. Хамадов И.Б., Гартунг А.А. Автоматические затворы с постоянным расходом воды для водо-выпусков оросительных каналов // Гидротехника и мелиорация. –М., 1966. – №8. – С.14–20.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ТРУБКА - НОВОЕ СРЕДСТВО ВОДОУЧЕТА**

**У.Р. Расулов**

**САНИИРИ им. В.Д. Журина**

Как известно, единственным и самым распространенным на практике средством измерения скорости воды является гидрометрическая вертушка (ГМВ).

Несмотря на широкую распространенность, ГМВ присущ ряд существенных недостатков, к которым можно отнести: неоперативность информации; индивидуальность градуировочной характеристики, составление которой и дальнейшие периодические поверки требуют наличия дорогостоящего специального стенда; неприменимость ее без полной разборки, чистки, сборки и смазки после каждого использования, и т.п.

Основной причиной отмеченных недостатков ГМВ является наличие в ее конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, не защищенных от вредных воздействий воды.

Следует отметить, что, в свое время, были сделаны попытки совершенствования работы ГМВ - разработаны электронные средства обработки сигналов лопастей и представления информации в готовом виде с целью создания удобства при пользовании ею. Однако эти совершенствования касались только обработки сигналов, сформированных ГМВ, а не формирования самих сигналов о скорости воды, поэтому они не нашли широкого практического применения.

Из зарубежных нам известна ГМВ усовершенствованной конструкции в комплекте с электронным блоком обработки сигнала. Отличительным преимуществом этой ГМВ является изоляция (защита) узла подшипников от воды и ее воздействий, которая позволила резко уменьшить трудоемкость эксплуатации. Однако ее стоимость достаточно высокая (около 2000 долл. США). Кроме того, энергоемкость ее электронного блока большая.

В данной работе приводятся основные результаты работ по разработке, изготовлению и экспериментальным исследованиям усовершенствованной гидрометрической трубки (ГМТ), работа которой основана, как и работа традиционных трубок Пито на определении скорости воды по разности динамического и статического давлений (уровней) воды в измерительных трубках, опускаемой в контролируемую точку потока воды, и обусловленной скоростью воды.

Основные разновидности трубок Пито, принципы и особенности их работы достаточно подробно описаны в [1] (рис. 1-3). Поэтому несколько подробнее остановимся только на основных недостатках известных разновидностей традиционных трубок Пито, ограничивающих их широкое практическое применение [2, 4, 5, 6].

Как отмечено и в [1], основными недостатками известных трубок Пито являются следующие:

- недопустимо большая погрешность измерения, особенно при малых скоростях, обусловленная малой чувствительностью, а также из-за невозможности снятия достаточно точных отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках ввиду непрерывных и достаточно интенсивных пульсационных колебаний их в процессе работы;
- относительно большие габариты - длины измерительных трубок, превышающие глубину погружения ГМТ в контролируемую точку потока и вследствие этого, зависимость их от глубины нахождения контролируемой точки, что неудобно при пользовании ими;
- необходимость в вакуумном насосе для поднятия уровней воды в обеих измерительных трубках по высоте, до которых ограничивают возможности их широкого практического применения.

$$Z = \frac{V^2}{2g}; \quad V = \sqrt{2gZ} = 4,43\sqrt{Z}$$

$V = 4,43\sqrt{Z}$

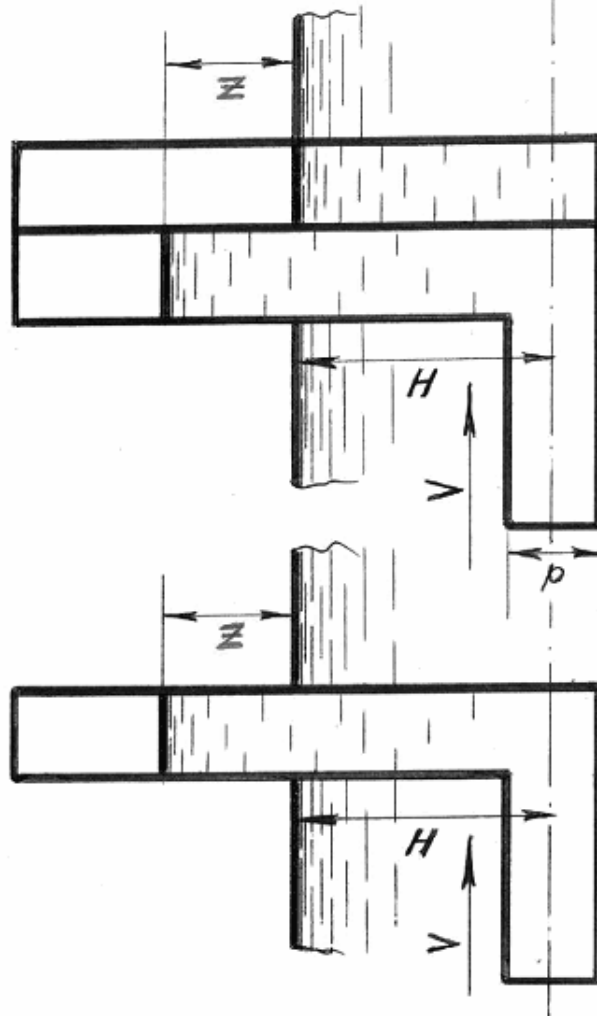


Рис. 1  
Трубка Пито

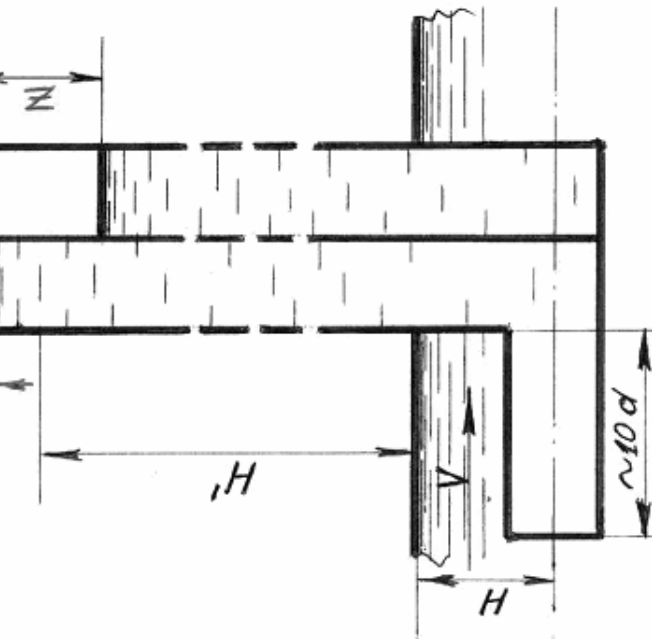


Рис. 3  
Дифференциальная трубка Пито

Для устранения отмеченных недостатков известных трубок Пито нами ее конструкция усовершенствована. Усовершенствования заключаются в некотором изменении и дополнении ее конструкции.

Изменения конструкции заключаются в изгибе верхнего конца третьей (вспомогательной) трубки вниз - к свободной поверхности контролируемого потока воды (рис. 4).

Такое выполнение конструкции ГМТ позволяет заполнить (заправить) ее обе измерительные - динамическую и статическую трубки в процессе работы водой до заданного значения по высоте, а также уменьшить габариты - длину измерительных трубок до минимума, и сделать ее не зависящей от глубины контролируемой точки потока, а зависящей только от значения перепада (разности) уровней воды, обусловленной измеряемой скоростью потока воды.

Дополнение конструкции известной ГМТ заключается в снабжении нижних частей обеих измерительных трубок сдвоенным клапаном. Клапаны в исходном состоянии открыты, а в рабочем - закрываются для фиксации рабочих положений уровней воды в трубках. Кроме того, для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих трубок шкалой на рабочем участке.

Таким образом, предлагаемая ГМТ конструктивно состоит (см.рис.4) из трех: двух измерительных - динамической (1) и статической (2), и одной - вспомогательной трубок (3). Динамическая трубка имеет Г-образную форму, и нижним - открытым концом направляется навстречу потоку воды. Статическая трубка - прямая, и нижним - открытым концом направляется перпендикулярно вектору скорости потока воды.

Открытый конец вспомогательной трубки повернут по отношению к измерительным трубкам на  $180^\circ$  и направлен перпендикулярно свободной поверхности потока воды. Все три трубки в верхней части между собой сообщены. Обе измерительные трубки в нижних частях снабжены сдвоенным клапаном (4) одновременно закрывающимся для фиксации рабочих положений уровней воды в измерительных трубках. Для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих измерительных трубок шкалой (она на рис. не показана) на рабочем участке. Длина рабочего участка измерительных трубок изготовленного образца ГМТ - 200 мм, что соответствует максимальной скорости потока воды 2 м/с.

Сдвоенный клапан (4) манипулируются при помощи рычага (5), размещенного на рукоятке (6). Общая конструктивная длина изготовленного образца ГМТ равна 300 мм (без рукоятки).

Для ясности дальнейших рассуждений следует отметить, что нижние концы всех трех трубок - двух измерительных (1) и (2) и одной вспомогательной трубок (3) открыты, а верхние концы всех трех между собой сообщены.

Заправка (заполнение) водой измерительных трубок при работе предлагаемой ГМТ происходит следующим образом. Начнем с рассмотрения случая стоячей воды, т.е. когда скорость  $V$  воды равна нулю (см.рис.4). ГМТ будем опускать в воду в вертикальном положении. При этом ввиду открытости нижних концов динамической и статической трубок (1) и (2), открытости и свободы (от воды) нижнего конца вспомогательной трубки (3), а также открытости клапана (4) вода будет входить в обе измерительные трубки (1) и (2) через их нижние открытые концы до тех пор, пока нижний открытый конец вспомогательной трубки (3) не коснется - не сравняется с высотным положением свободной поверхности воды. Причем, ввиду отсутствия течения воды уровень воды в обеих измерительных трубках (1) и (2) одинаковы, а по высоте совпадают с нижним концом вспомогательной трубки (3). При дальнейшем погружении ГМТ в воду уровни воды в них не меняются, т.к. в верхних частях их находится воздушная пробка, образованная в результате касания нижнего открытого конца вспомогательной трубки (3) со свободной поверхностью воды.

Таким образом, можно сказать, что измерительные трубки (1) и (2) заправились водой автоматически до определенного уровня, который зависит от высотного положения нижнего конца вспомогательной трубки (3). Следовательно, назначая его высотное положение можно менять исходное значение уровней воды в обеих измерительных трубках (1) и (2).

При опускании предлагаемой ГМТ в поток воды, направляя открытый конец динамической трубки (1) навстречу потоку воды происходит то же самое, что и в случае со стоячей водой, но лишь с той разницей, что во втором случае уровень воды в динамической трубке (1) будет выше по сравнению с уровнем воды в статической трубке (2), обусловленное скоростью  $V$  течения воды. Если при этом закрыть клапан (4) при помощи рычага (5), размещенного на рукоятке (6), то рабочее положение уровней воды в измерительных трубках (1) и (2) окажутся фиксированными и изолированными от потока воды. Вытащив ГМТ из потока воды можно снять отсчеты о рабочих положениях уровней воды в обеих измерительных трубках в их стоячих (в успокоенных) положениях, т.е. безо всяких пуль-



сационных колебаний, что позволяет существенно повысить точность измерения, особенно при малых скоростях, и по значению их разности, пользуясь готовой таблицей, составленной по известной стандартной зависимости

$$V = \sqrt{2gZ} = 4,43\sqrt{Z}, \text{ м/с} \quad (1)$$

где  $Z$  - разность отсчетов об уровнях воды в динамической и статической трубках, м;  
 $g$  - ускорение свободного падения, значение которого принимаемое для обычных технических расчетов, равным  $9,81 \text{ м/с}^2$ , можно определить скорость течения воды в данной точке потока. После этого можно открыть клапан (4) и она (ГМТ) снова готова для очередного измерения.

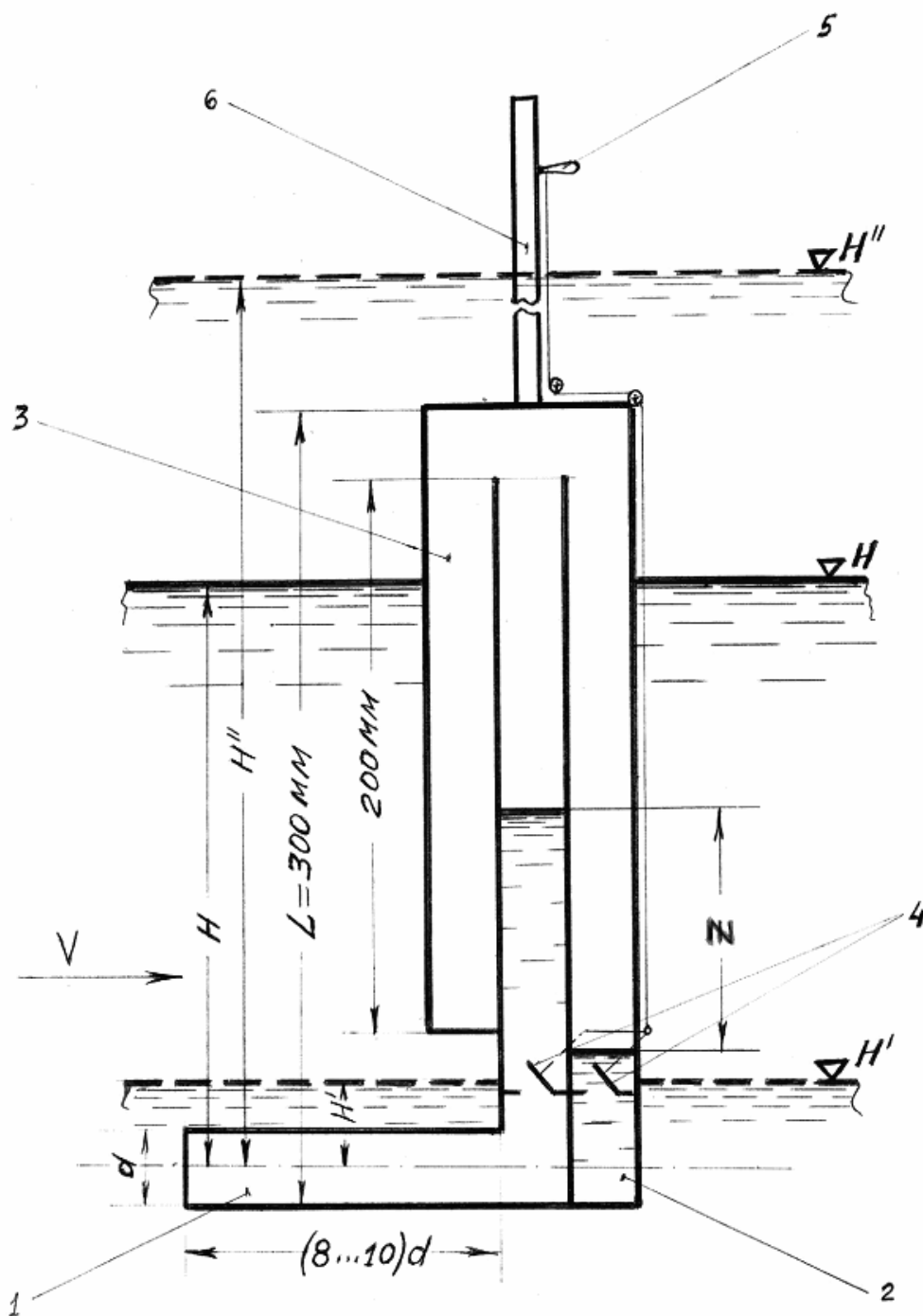


Рис. 4  
 Усовершенствованная гидрометрическая трубка

Уровни воды на рис. 4 показаны в трех характерных случаях:

- случай, когда глубина контролируемой точки потока воды небольшая и уровень потока воды  $\nabla H'$  находится выше высотного положения клапана (4), но ниже нижнего - открытого конца вспомогательной трубки (3);

- случай, когда глубина контролируемой точки потока воды относительно небольшая - в пределах конструктивной длины (высоты) ГМТ, и она сама находится в полупогруженное в поток воды положение, следовательно, уровень  $\nabla H$  потока воды находится выше нижнего конца вспомогательной трубки (3), но ниже верхней части ГМТ;

- случай, когда глубина контролируемой точки потока воды больше конструктивной длины ГМТ и она находится полностью в погруженном в поток воды положении, следовательно, уровень  $\nabla H''$  потока воды находится выше верхней части ГМТ.

Перечисленные характерные случаи охватывают практически все возможные варианты измерения локальной скорости открытых водотоков.

Нами изготовлен один из возможных вариантов экспериментального образца предлагаемой ГМТ, общая компоновка и основные конструктивные размеры которой соответствуют с данными рис. 4.

Материал трубок - нержавеющая сталь, наружный диаметр  $d$  трубок - 16 мм, внутренний - 14 мм.

Измерительные трубки (1) и (2) на рабочем участке (на участке 200 мм) имеют сквозной продольный вырез, изнутри снабжены (заделаны герметично) прозрачным стеклом и миллиметровой шкалой для возможности снятия отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках. В изготовленном варианте ГМТ в качестве клапана (4) использован сдвоенный кран самоварного типа, манипулируемый при помощи рычага (5) с рукояткой (6). С целью установления работоспособности и предварительного определения основных метрологических характеристик изготовленного образца ГМТ проведены экспериментальные испытания ее в лабораторных и натуральных условиях.

При проведении испытаний в лабораторных условиях использовался лабораторный стенд, имеющий в своем составе в качестве открытого водотока бетонный стандартный параболический лоток типа "ЛР-60".

В качестве образцового средства измерения скорости воды использовалась гидрометрическая вертушка (ГМВ), комплектованная электронным блоком преобразования и представления информации о скорости воды в цифровом виде.

Для проведения испытаний ГМВ устанавливалась на фиксированную точку потока воды лотка на определенной глубине осевой вертикали потока.

Испытуемая ГМТ каждый раз опускалась на ту же глубину потока воды осевой вертикали лотка на расстоянии около 0,5 м выше по течению.

В лотке "ЛР-60" создавался установившийся режим течения воды при различных значениях расхода, следовательно, и скорости воды при которых многократно (3...5 раз) снимались отсчеты показаний ГМВ и измерительных трубок ГМТ.

Результаты проведенных экспериментальных испытаний изготовленного образца ГМТ представлены на рис. 5 в табличной и графической формах.

Как видно из представленных материалов лабораторными испытаниями охвачены малые скорости - от 0,2 м/с до 0,44 м/с.

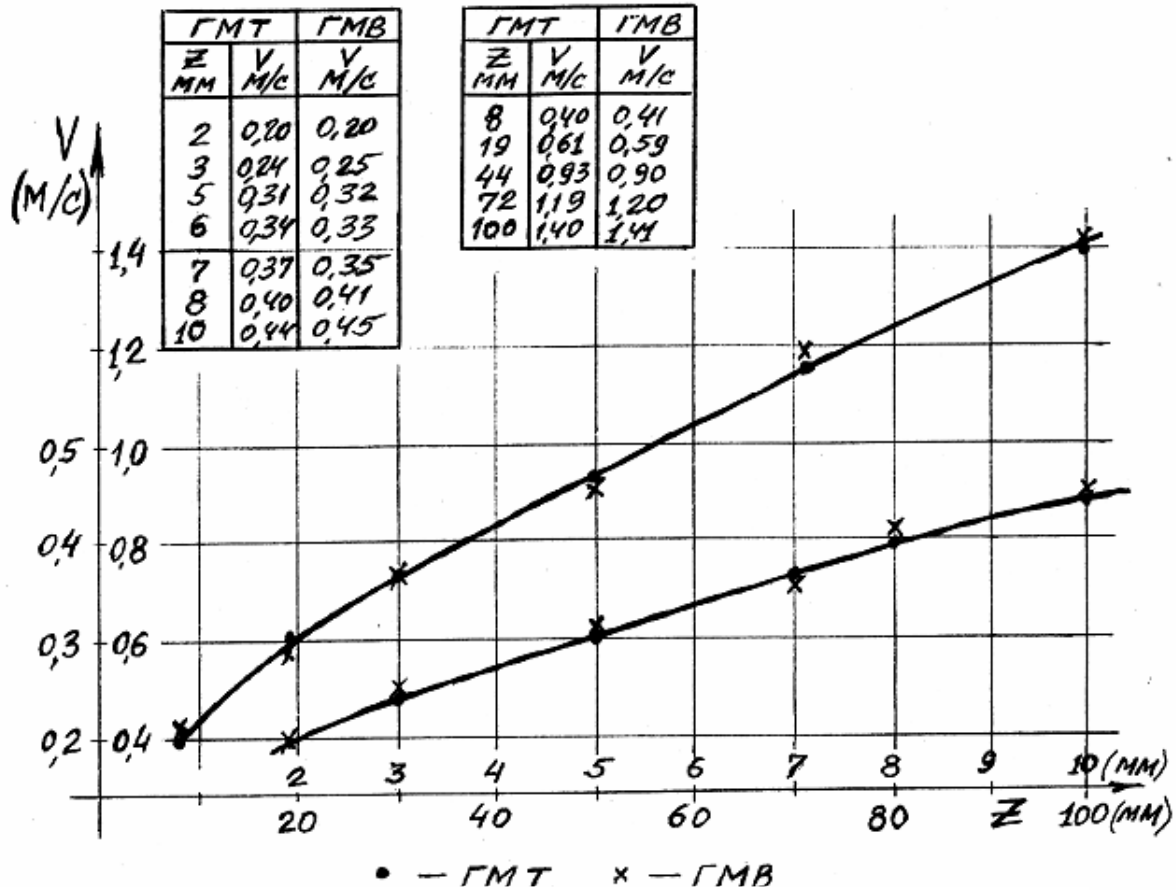
Экспериментальные испытания изготовленного образца ГМТ в натуральных условиях проведены на канале Карасу, протекающего по территории НПО "САНИИРИ".

Для этого скорость потока воды в определенных точках канала Карасу измерялась ГМВ и испытываемой ГМТ. Результаты экспериментальных измерений, проведенных в натуральных условиях представлены также на рис. 5. Как следует из представленных материалов, натурными испытаниями охвачены относительно большие скорости воды - от 0,4 до 1,4 м/с.

Для определения скорости  $V$  воды, измеренной ГМТ по разности уровней  $Z$  воды в измерительных трубках для удобства пользовались (табл.1) заранее составленной по зависимости (1).

Как видно из представленных материалов лабораторных и натуральных испытаний, результаты измерений скорости воды ГМВ и испытываемой ГМТ в диапазоне скоростей от 0,2 до 1,4 м/с совпадают достаточно хорошо, которые дают основание сказать, что предлагаемая ГМТ работоспособна.

Судя по полученным результатам проверенных экспериментальных испытаний изготовленного образца предлагаемой ГМТ можно сказать, что ее метрологические характеристики (в основном, точность измерения) не хуже метрологических характеристик использованной ГМВ.



Скорость  $V$  воды от перелатов  $Z$  уровней воды ( $V = 4,43\sqrt{Z}$ ) Таблица 1.

Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с	Z мм	V м/с
1	0,14	21	0,64	41	0,90	62	1,10	102	1,41	144	1,68
2	0,20	22	0,66	42	0,91	64	1,12	104	1,43	148	1,70
3	0,24	23	0,67	43	0,92	66	1,14	106	1,44	152	1,73
4	0,28	24	0,69	44	0,93	68	1,16	108	1,46	156	1,75
5	0,31	25	0,70	45	0,94	70	1,17	110	1,47	160	1,77
6	0,34	26	0,71	46	0,95	72	1,19	112	1,48	164	1,79
7	0,37	27	0,73	47	0,96	74	1,20	114	1,50	168	1,82
8	0,40	28	0,74	48	0,97	76	1,22	116	1,51	172	1,84
9	0,42	29	0,75	49	0,98	78	1,24	118	1,52	176	1,86
10	0,44	30	0,77	50	0,99	80	1,25	120	1,53	180	1,88
11	0,46	31	0,78	51	1,00	82	1,27	122	1,55	184	1,90
12	0,49	32	0,79	52	1,01	84	1,28	124	1,56	188	1,92
13	0,51	33	0,80	53	1,02	86	1,30	126	1,57	192	1,94
14	0,52	34	0,82	54	1,03	88	1,31	128	1,58	196	1,96
15	0,54	35	0,83	55	1,04	90	1,33	130	1,60	200	1,98
16	0,56	36	0,84	56	1,05	92	1,34	132	1,61	204	2,00
17	0,58	37	0,85	57	1,06	94	1,36	134	1,62	208	2,02
18	0,59	38	0,86	58	1,07	96	1,37	136	1,63	212	2,04
19	0,61	39	0,87	59	1,08	98	1,39	138	1,65	216	2,06
20	0,63	40	0,89	60	1,08	100	1,40	140	1,66	220	2,08

Рис. 5

Однако для полной оценки метрологических характеристик предлагаемой ГМТ необходимо провести дополнительные и более детальные испытания, проведя сравнительные измерения скорости воды ею и образцовым средством измерения скорости воды с более высокой точностью, чем точность использованной нами ГМВ, а также на специальном стенде.

Проведенные экспериментальные испытания изготовленного образца усовершенствованной ГМТ в лабораторных и натуральных условиях показывают, что она имеет следующие основные преимущества по сравнению с известными средствами измерения скорости воды:

- неспособность в индивидуальной градуировке и в дальнейших периодических поверках в процессе эксплуатации, следовательно, и в специальном дорогостоящем тарировочном стенде;
- оперативность информации об измеряемом параметре - скорости воды;
- достаточно высокая точность и надежность измерений, в том числе, и в полевых условиях;
- отсутствие в конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, влияющих на ее метрологические характеристики;
- небольшие габаритные размеры и независимость их от глубины контролируемой точки потока воды;
- простота конструкции и удобство в эксплуатации;
- неспособность в каких-либо посторонних источниках энергии и т.п.

В настоящее время разработана и изготавливается доработанный вариант предлагаемой ГМТ повышенной (до двух раз) чувствительности.

### **Литература**

1. Расулов У.Р. Измеритель скорости воды, WATER-2002, Научно-практическая конференция, Алматы, 2002.
2. Горлин С.М., Слезингер И.И. Аэромеханические измерения, методы и приборы, Москва, 1964.
3. Датчики контроля и регулирования, Москва, 1965.
4. Железняков Г.В. Гидрометрия, Москва, 1964.
5. Карасев И.Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов, Ленинград, 1980.
6. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Ленинград, 1989.

## **ПРОГРАММА МОНИТОРИНГА ПО КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЛИМИТИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЧИ**

**О.Я. Гловацкий\*, Т.В. Полгарева\*\***

**\*САНИИРИ им. В.Д. Журина, \*\*Научно-информационный центр МКВК**

В настоящее время в Узбекистане орошается 4220,318 тыс.га земель, сорок процентов из них с машинного орошения. Значительная часть насосных станций (около 40%) введена в эксплуатацию в 60-70 гг. и срок службы насосно-силового оборудования (поставки до 1986 г.) определяемый техническими условиями составлял не более 20 – 25 лет. Сложные условия эксплуатации, ограничения в финансировании ремонтных работ, многолетняя работа практически без замены оборудования привели значительную часть насосных станций в предаварийное состояние. Поэтому на данный момент оборудование фактически выработало свой ресурс.

Значительная часть отказов оборудования насосных станций происходит именно в результате физического износа. Для обеспечения работоспособности оборудования, длительно находящегося в эксплуатации, необходимо улучшить контроль за его состоянием.

Научно-исследовательская работа по разработке функционирования информационно – советующей системы на трансграничных насосных станциях в условиях лимитирования водоподдачи рассматривает как один из важных вопросов контроль за состоянием оборудования, а также своевременное выявление отказов и причин их возникновения. Для этого разрабатывалась программа мониторинга по контролю за состоянием основного оборудования НС.

Программа мониторинга базируется на основных понятиях технического состояния, введенных акад. Мирцхулава Ц.Е. и отказов насосного агрегата, разработанных проф. Гловацким О.Я. На основании этого был разработан перечень причин отказов снижающих надежность работы насосного агрегата и мероприятия по их устранению.

## 1. Гидравлические

1.1 Деформация водоподводящих сооружений (отколы и трещины бетона приемных камер, всасывающих труб и водовыпуска, заиливание подводящего канала аванкамеры, посадочных мест затворов).

1.2 Водоворотные зоны и воронки у водоприемника, ликвидация подсоса воздуха в проточную часть агрегата, обеспечение вакуума во всасывающей и напорной линиях в соответствии с допускаемыми значениями по характеристике насоса.

1.3 Состояние КСВ (ГУСВ) при наличии сифонного водовыпуска

- проектные размеры и состояние воздухо-водных труб,
- профилактический ремонт и состояние вантузов для выпуска воздуха,
- установка при большом диапазоне УВВБ интенсификаторов (вакуум баков).

1.4 Компенсаторы на напорных трубоводах – ликвидация течи, очистка под нижними компенсаторами.

1.5 Повышенные гидравлические потери (засорение и перепад на сороудерживающих и предохранительных решетках, ликвидация других местных сопротивлений).

Искривление плавучих запаней, растекателей. Установка дополнительного грейферного оборудования.

1.6 Затворы приемных камер и напорных трубопроводов. Замена уплотнений, дополнительная продувка посадочных мест, применение плавающего порога на новых затворах.

## 2. Механические

2.1 Состояние закладных прижимных и уплотняющих колец, течь из – под колец. Износ прокладок.

2.2 Состояние и крепеж промежуточного конуса и камеры РК.

2.3. Состояние спускного клапана (приварка тарели, переделка штока для ужесточения конструкции).

2.4 Продувка азрационных труб во всасывающую трубу, проверка площади трубы по длине.

2.5 Байпасы. Ревизия задвижек, выполнение общего коллектора.

2.6 Посадочные места подшипников насоса, особенно нижнего (ННП).

- при кап.ремонтах - восстановление (наплавка и расточка),
- при средних ремонтах – замена паранитовых прокладок,
- подвод воды для смазки лигнофолевых или резиновых клепок трубами по профилю лопатки выправляющего аппарата (ВА).

выправляющего аппарата (ВА).

Ликвидация длинных шлангов, дыр в обойме ВА.

2.7 Восстановление профиля лопаток ВА (при сильном износе наваркой пластин, при деформации – наплавкой электродами и последующей шлифовкой).

2.8 Обтекатель по валу. Замена на конструкцию с болтовым креплением или замкнутой системой смазки с кожухом.

2.9 Рабочее колесо

- отрыв обтекателя РК. Смонтировать планки от разлома и проверить крепление казана РК,
- ревизия кинематики РК (поворотного). Устранение самопроизвольного разворота лопастей.

Проверка технологии крепежа и возможности безболтового крепления,

- дефектоскопия болтов и мест приварки лопастей в корневом сечении цапфы,
- проверка идентичности разворота лопастей по шаблону, статистическая балансировка и опрессовка РК,
- антикавитационная модернизация лопастей РК,
- проверка допуска зазоров по камере и эксцентриситета РК в расточке,
- нанесение маяков износа лопастей.

2.10 Подшипники насоса. Состояние торцевых уплотнений. Вулканизация. Резерв колец, (наличие шаблонов).

2.11 Вал насоса, состояние рабочих шеек. Улучшение качества поверхностного слоя вала алмазным выглаживанием.

### 3. Энергетические

3.1 Ослабление расклиновки ротора электродвигателя.

3.2 воздушный зазор, ликвидация его неравномерности

3.3 Воздухоразделяющие щиты, демпферные соединения, проверка креплений и подтяжка болтов

3.4 Состояние зеркального диска, проверка перпендикулярности локальных зон нагрева и наклепа, необходимость и возможность проточки, ликвидация деформации при утяжке (центровке), шлифовка до 9-го класса точности.

3.5 Люфт опорных винтов. Ликвидация люфта.

3.6 Качество заливки сегментов баббитом.

3.7 Положение магнитной оси двигателя. Ликвидация ее завывшения.

3.8 Состояние верхней маслованны, пяты нижней маслованны по размеру зазора подшипников двигателя.

3.9 Система воздухоохлаждения и маслоохлаждения. Температурный контроль. Очистка и замена трубок задвижек и соединений.

3.10 Пробой секций статора, витковые замыкания в полюсе ротора, неполадки системы возбуждения. Искрение щеток. Замена щеток. Шлифовка якоря возбуждителя.

Своевременное выявление отказов позволяет предотвратить снижение эффективности эксплуатации насосов и особенно возможные аварийные ситуации, ведущие к прекращению водоподдачи. С этой целью мы построили дерево отказов (рис. 1).

Далее был собран большой статистический материал по отказам НС Каршинского и Амубухарского каналов за 1981-2001 гг.

Вероятность отказов по указанным трем причинам следующая:

Событие –  $A_1, A_2, A_3$ .

Вероятность – 0,44, 0,36, 0, 1

Исходя из известной теоремы сложения вероятностей, составили диаграмму Венна отказов системы по всем выявленным причинам в соответствии с их вероятностями (площадями на единичном квадрате). На рис. 2 А видно, из каких причин складывается отказ системы в целом и что нужно сделать, чтобы вероятность безотказной работы поднялась хотя бы на 20%. После выполнения предложенных рекомендаций [4, 5] вероятность безотказной работы повышается с 2 до 23% (рис. 2 В, табл. 1).

Таблица 1

Событие	$A_1^1 \bar{A}_1^2 \bar{A}_1^3$	$A_2^2 \bar{A}_1^1 \bar{A}_1^3$	$A_1^3 \bar{A}_1^1 \bar{A}_1^2$	$A_1^1 A_1^2 A_1^3$	$A_1^4 \bar{A}_1^5$	$A_1^5 \bar{A}_1^4$	$A_1^4 A_1^5$	$P(A_1)$
Вероятность	0,1	0,04	0,09	0,005	0,06	0,01	0,005	0,31
Событие	$A_2^1 \bar{A}_2^2 \bar{A}_2^3$	$A_2^2 \bar{A}_2^1 \bar{A}_2^3$	$A_2^3 \bar{A}_2^1 \bar{A}_2^2$	$A_2^1 A_2^2 A_2^3$	$P(A_2)$			
Вероятность	0,11	0,13	0,03	0,01	0,28			
Событие	$A_3^1 \bar{A}_3^2 \bar{A}_3^3$	$A_3^2 \bar{A}_3^3 \bar{A}_3^1$	$A_3^3 \bar{A}_3^1 \bar{A}_3^2$	$A_3^1 A_3^2 \bar{A}_3^3$	$A_3^1 A_3^3 A_3^2$	$A_3^1 A_3^2 A_3^3$	$P(A_{31})$	
Вероятность	0,02	0,02	0,12	0,01	0,005	0,005	0,18	

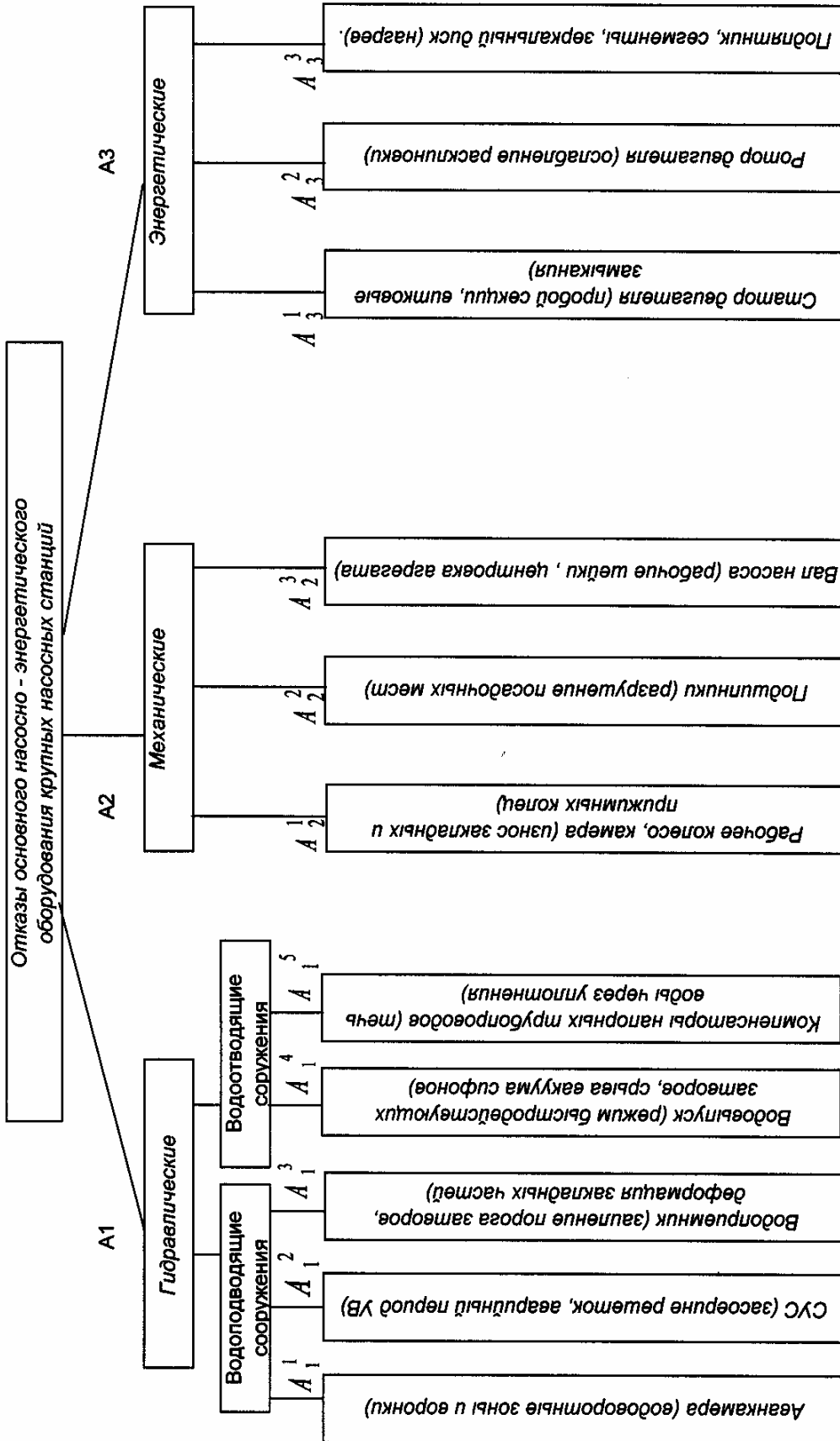


Рис. 1 Отказы мелiorативных насосных станций

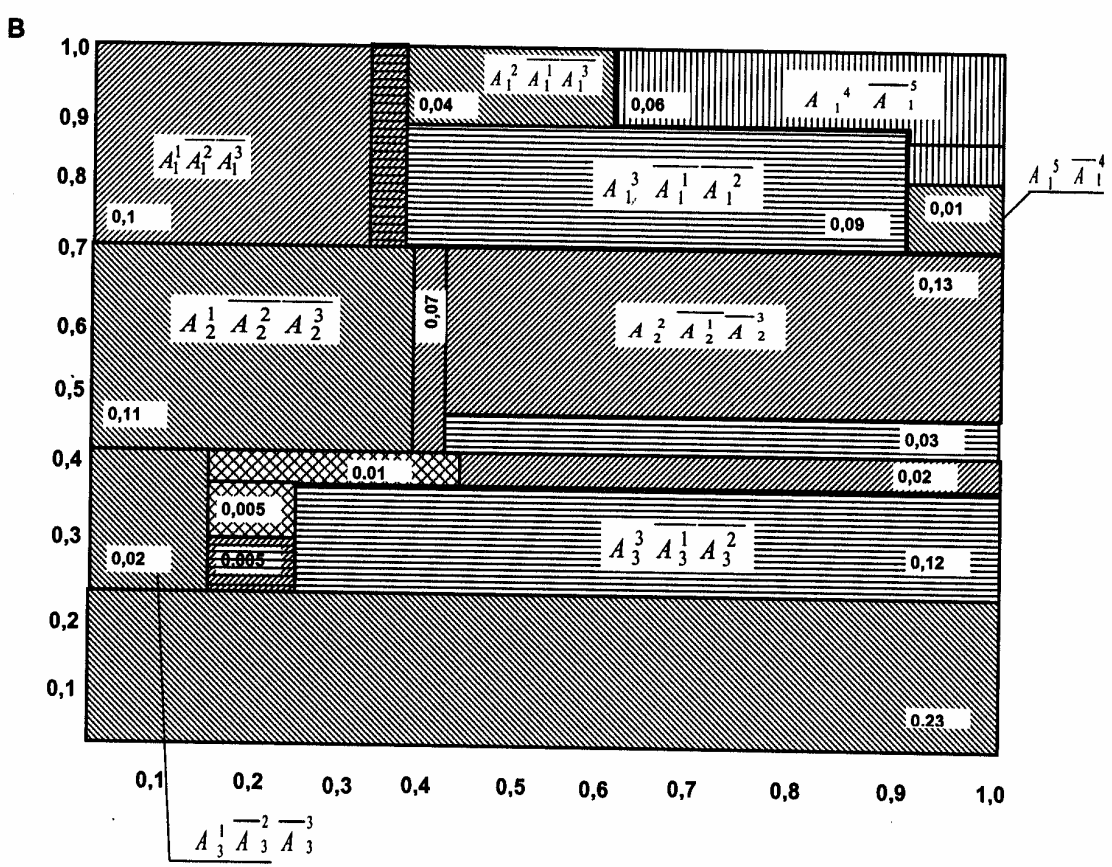
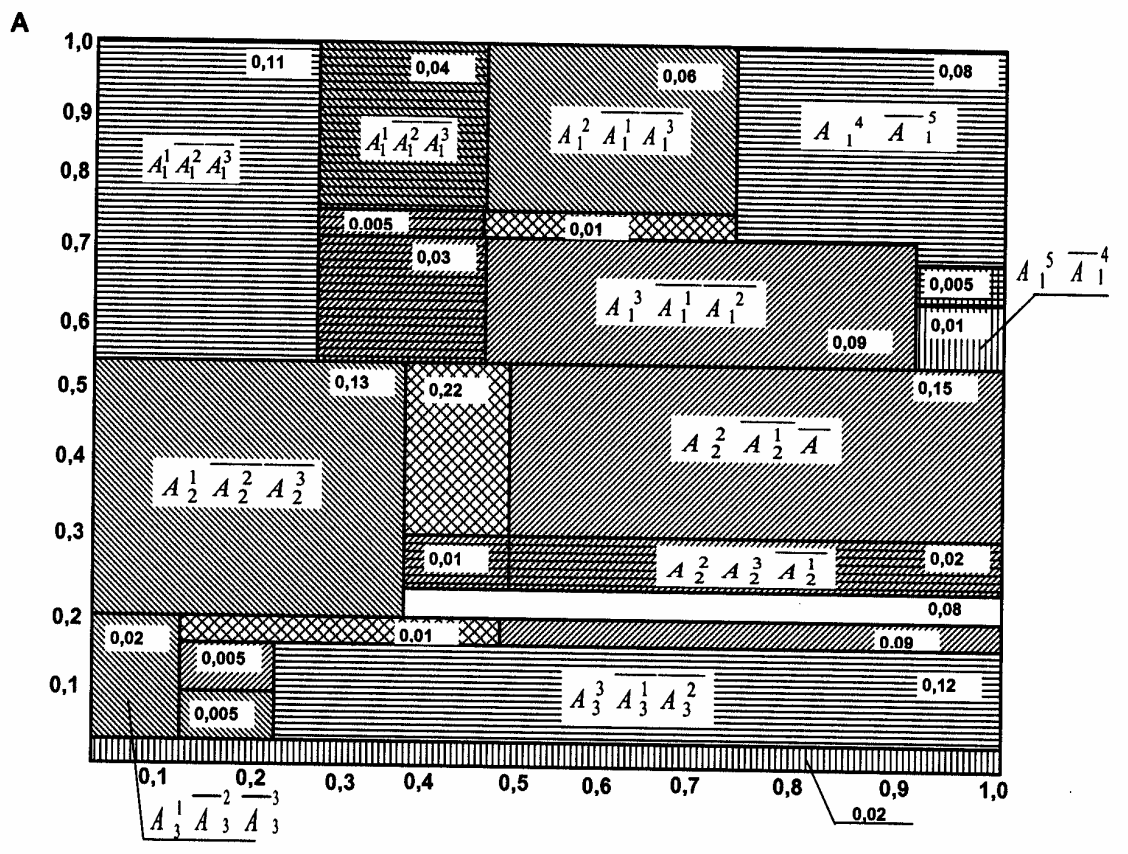


Рис. 2 Вероятность отказов элементов мелиоративных насосных элементов



Это происходит за счет уменьшения площадей, отведенных под события  $A_1$  (гидравлические причины) и  $A_2$  (механические):  $A_1^1, \overline{A}_1^2, \overline{A}_1^3$  - отказ только по причине неблагоприятных гидравлических условий подвода воды из аванкамеры,  $A_1^2, \overline{A}_2^2, \overline{A}_2^3$  - отказы, вызванные неудачной компоновкой сифонных водовыпусков и устройствами для срыва вакуума. Для других мелиоративных объектов эти соотношения могут изменяться, но в целом достигаются условия управления надежностью эксплуатации.

Следующим этапом работы было применение вышеизложенной информации в Информационно-советующей системе. Для этого была создана форма «Контроль над отказами основного насосно-энергетического оборудования крупных насосных станций», рис. 3.

В верхней части этой формы пользователь может, выбрать любой из пунктов:

- классификация отказов – дерево отказов;
- диаграмма Венна;
- классификация отказов – режим мониторинга.

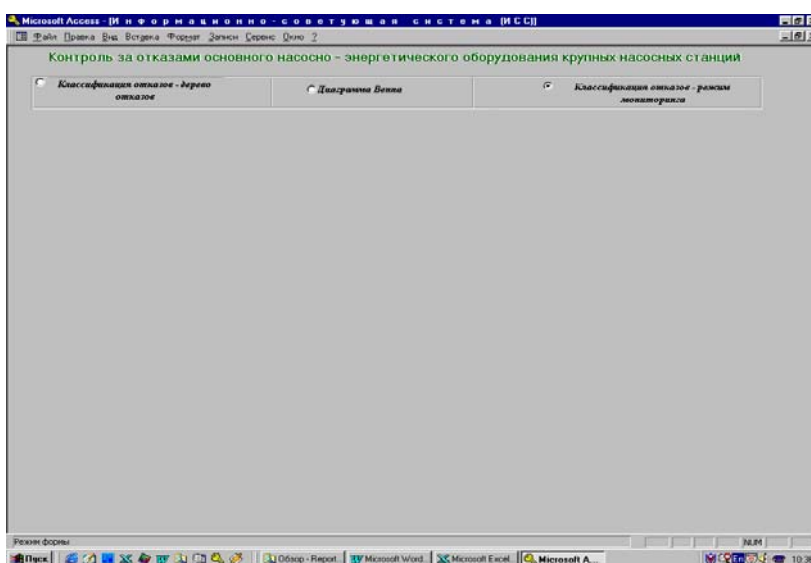


Рис.3  
Форма «контроль над отказами основного насосно-энергетического оборудования на крупных насосных станциях»

Выбрав первый из вышеперечисленных пунктов, т.е. «классификацию отказов» пользователь получит теоретическую информацию о причинах отказов (рис. 4).

Второй пункт – «Диаграмма Венна». В том случае, когда пользователю необходимо получить информацию по методам устранения отказов, то он должен выбрать пункт «диаграмма Венна» (рис. 5). В пункте «диаграмма Венна» находятся два подпункта: «до исправления» и «после исправления» (на данном рисунке выбрано «до исправления»). Выбрав подпункт «до исправления» пользователь видит диаграмму Венна до устранения отказов, а выбрав подпункт «после исправления» - диаграмма Венна после устранения отказов. Таким образом, можно увидеть метод устранения отказов

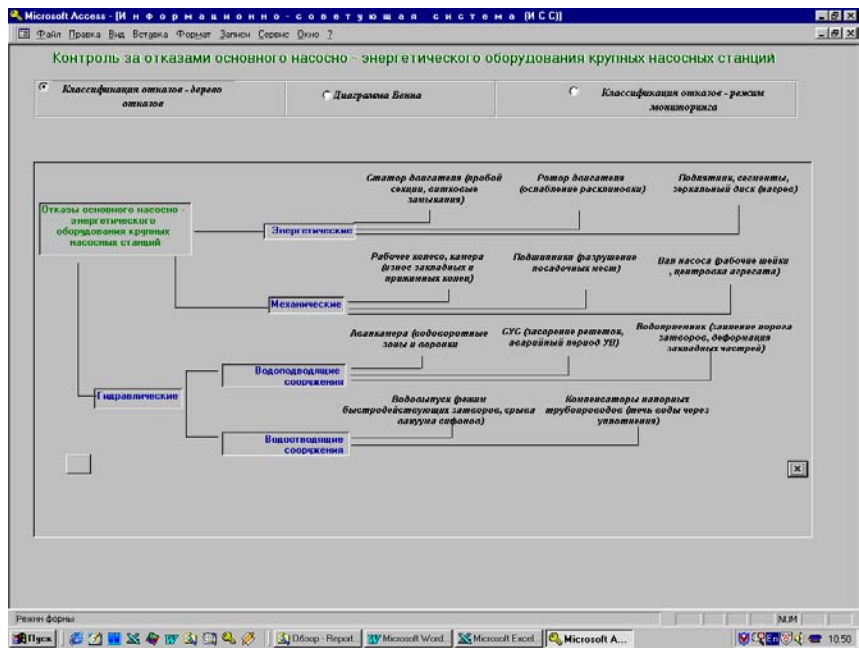


Рис. 4  
Выбор пункта «Классификация отказов – дерево отказов»

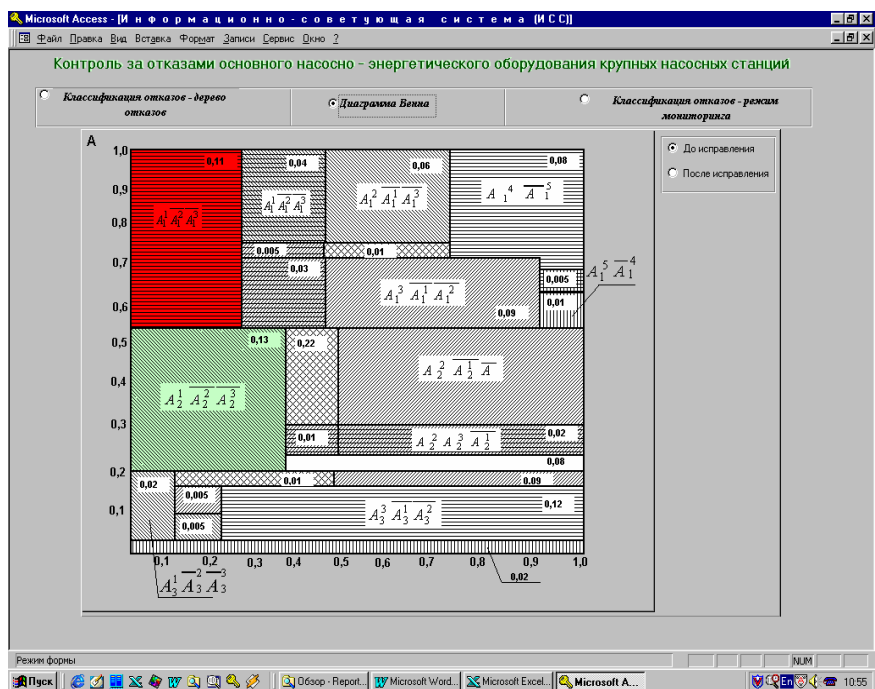


Рис. 5  
Выбор пункта «диаграмма Венна»

Третий пункт «классификация отказов – режим мониторинга» необходим для визуального контроля над насосно-энергетическим оборудованием насосной станции и является очень важным фактором своевременного устранения отказов.

Выбрав этот подпункт, пользователь получит информацию о любом из отказов. Нажав мышкой на необходимый ему датчик, и введя в появившееся окошко необходимые сведения он получит информацию об интересующем его отказе (рис. 6).

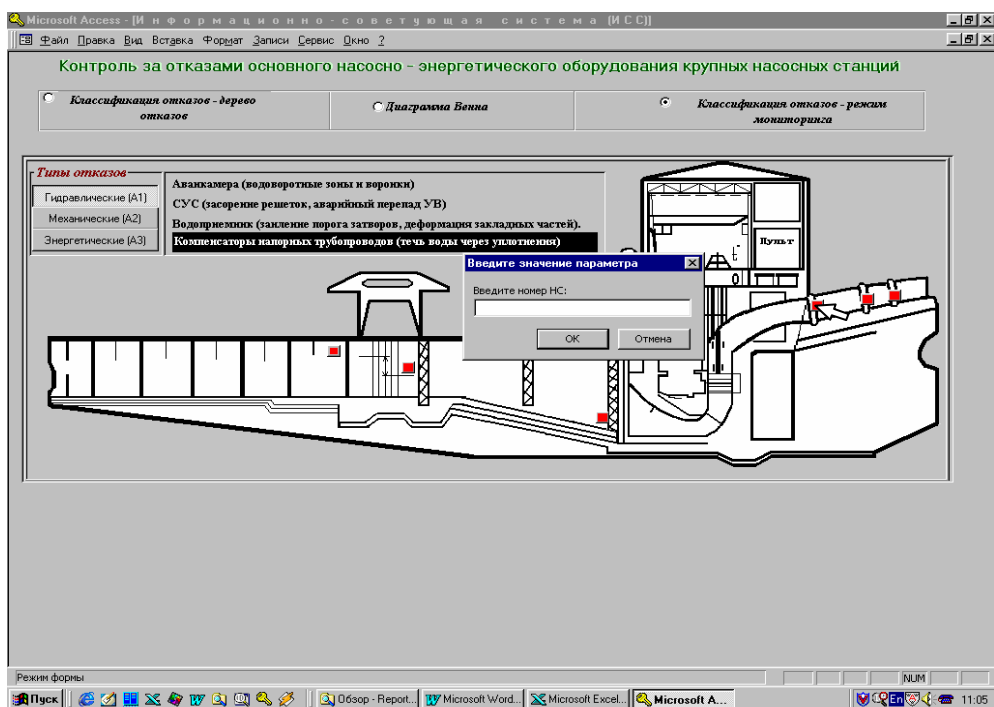


Рис. 6  
Выбор пункта «классификация отказов – режим мониторинга»

## Литература

1. Мирцхулаева Ц.Е. О надежности крупных каналов. Гидротехника и мелиорация, №5, 1980.
2. Зотов В.М. Анализ состояния оборудования ГЭС России и меры по сохранению его работоспособности. Гидротехническое строительство, №11, 1999.
3. Генеральная схема развития орошаемого земледелия и водного хозяйства республики Узбекистан на период до 2015 года. Сводная записка, Ташкент, 2002 г.
4. Гловацкий О.Я. Улучшать эксплуатацию насосных станций. Сельское хозяйство Узбекистана, № 10, Ташкент 1982.
5. Гловацкий О.Я. Совершенствовать эксплуатацию насосных станций. Сельское хозяйство Узбекистана, №12, 1992.

## МЕТОДЫ ПРОГНОЗА РЕЖИМА ПРИРОДНЫХ ВОД

В.Е. Чуб, Н.А. Агальцева, С.В. Мягков

Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт  
(САНИГМИ)

### Введение

Устойчивое развитие государства требует рационального использования ограниченных ресурсов пресной воды. Однако водные ресурсы нельзя использовать рационально, не зная, где и в каком количестве они находятся, и какого они качества, а также какова их вероятная изменчивость в обозримом будущем.

Предоставление такой информации на регулярной основе является сложной и важной проблемой и представляет интерес для широкого круга потребителей в сфере водного хозяйства и других отрас-

лей экономики.

Использование водных ресурсов является сложным процессом принятия решений и при этом существенно важен комплексный многодисциплинарный подход. Спрос на водные ресурсы формируется потреблением на производство продовольствия, на бытовые нужды и промышленную деятельность, на производство гидроэнергии и сохранение экосистем. Спрос неизменно повышается в целях удовлетворения нужд растущего населения и повышения уровня жизни. В свою очередь водное хозяйство и другие отрасли экономики предъявляют высокие требования к гидрологической науке и особенно к гидрологическому прогнозированию.

### **Научно-методическая база прогнозов стока горных рек**

Гидрологические прогнозы в самом общем понимании представляют собой предвычисление с той или иной заблаговременностью различных элементов гидрологического режима, основанное на знании закономерностей развития природных процессов, определяющих соответствующие явления в конкретных физико-географических условиях.

Характер гидрологического режима и изменчивость его элементов непосредственно связаны с климатом и изменчивостью погодных условий на территории речных бассейнов. В силу этого в гидрологии приходится использовать данные гидрометеорологических наблюдений непосредственно в природе. Основные метеорологические элементы (осадки, температура воздуха) в определенных масштабах времени носят характер стохастических переменных и обуславливают аналогичный характер зависящих от них гидрологических характеристик. Это, естественно, отражается на методологии и возможностях гидрологических прогнозов и обуславливает существенную роль в них элемента вероятности.

Научно-методическая база прогнозов стока горных рек в настоящее время пока уступает таковой для равнинных рек. Это связано, прежде всего, с недостатком надежных непосредственных гидрометеорологических наблюдений, а также с особенностями формирования стока в горах, определяемыми климатом, уклонами и высотой земной поверхности.

Различия в методике долгосрочных прогнозов стока горных рек определяются степенью детализации описания учитываемых при составлении прогноза гидрометеорологических процессов и методов расчета накопления и расходования воды на водосборе.

В соответствии с этим методы прогнозов подразделяются на два основных вида:

- регрессионные, реализующие самые простые, линейные (реже нелинейные) соотношения между будущим стоком и одним или несколькими аргументами;
- методы, основанные на математических моделях формирования стока в горах.

Методы прогнозов, относящиеся к первому виду, разрабатываются, как правило, между измеренными на станциях суммами осадков за холодный период со стоком в заданном створе. В качестве характеристики количества осадков нередко используются модульные коэффициенты или “индексы”, а в качестве показателя оставшихся в бассейне на дату составления прогноза запасов воды в снежном покрове применяют, например, отношение расходов воды за предшествующий период к средней температуре воздуха за тот же период. В настоящее время статистические методы широко используются в практике гидрологических прогнозов, хотя наряду с неоспоримыми положительными качествами, такими как сравнительная простота применения, небольшой набор необходимых для прогнозов данных, они несвободны от некоторых недостатков.

Поиск новых способов решения задач прогнозирования стока обусловлен недостаточной точностью традиционных статистических способов и существованием ряда преград на пути их совершенствования. Это – прежде всего, дефицит информации и принципиально ограниченная возможность отображения сложной динамики природных процессов статистической связью.

Поэтому второй вид прогнозов включает методы, основанные на решении уравнений баланса влаги и тепла для горного бассейна, а также на моделях формирования талого и дождевого стока в горах. Применение современных ЭВМ, ГИС и спутниковой информации позволяет производить сложные расчеты стокоформирующих процессов, с учетом количества, распределения по площади и высоте запасов воды в снежном покрове.

В САНИГМИ накоплен большой опыт по разработке методов прогноза стока различной заблаговременности и использованию их в оперативной гидропрогностической практике.

Разработаны и используются в оперативной практике различные методы краткосрочных, долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов, основанные на статистическом подходе и математических моделях.

Однако, в настоящее время использование многих методов невозможно из-за отсутствия или недостатка исходной информации с метеостанций в зоне формирования стока за пределами Республики Узбекистан и отсутствия данных в прогнозных пунктах, в краткосрочных прогнозах – данных радиозондирования атмосферы на территории Центральной Азии.

### **Методы долгосрочного прогноза стока**

Долгосрочные прогнозы стока всегда были приоритетным направлением в прогнозировании стока, так как именно они обеспечивают информацией такие важные народнохозяйственные отрасли, как орошаемое земледелие и гидроэнергетика.

Современные методы долгосрочных прогнозов стока основаны на следующих методических подходах:

- статистическом - множественная регрессия;
- на использовании математических моделей.

Информационная база исходной необходимой для прогнозирования информации включает следующие основные характеристики:

- сток, предшествующий сроку выпуска прогноза,
- накопление осадков на дату выпуска прогноза,
- температура воздуха предшествующего периода и на период заблаговременности прогноза,
- информация ИСЗ о заснеженности горной территории бассейна реки,
- оценка снеготопливных запасов по данным авиационных наблюдений и декадных и маршрутных снеготопливных запасов на дату составления прогноза и другие

Остановимся более подробно на некоторых методах, основанных на вышеперечисленных подходах.

### **Автоматизированная система долгосрочных прогнозов стока АИСГП**

Наиболее перспективным направлением развития прогнозирования стока является использование математических моделей, которые описывают физические процессы, происходящие на водосборе [1].

Неоспоримыми преимуществами модельных методов прогнозов являются:

- большая физическая обоснованность, описываемых процессов и явлений;
- возможность их использования в условиях дефицита информации;
- возможность использования более коротких рядов наблюдения за факторами стока.

Специфика гидрологического прогнозирования предъявляет к математическим моделям определенные требования. Они должны включать как можно меньшее число плохо прогнозируемых метеорологических величин, быть не очень чувствительными к погрешностям исходных данных и легко настраиваться на изменение объема входной информации. Использование ограниченной и не очень надежной информации может привести к снижению точности расчетов, которая может оказаться недостаточной для обеспечения эффективности прогноза. Некоторой компенсацией в этом случае является возможность оперативной корректировки прогноза за счет непрерывного поступления информации о прогнозируемой величине, которую гидролог-прогнозист может делать с использованием различных субъективных способов.

Разработанная в САНИГМИ методика долгосрочного прогнозирования стока горных рек основана на использовании детерминированной математической модели и включает описание процесса снеготопливного накопления в горах, таяния снежного покрова, формирования талого и дождевого поступления, расчет стока с ледников и трансформацию всех видов поступления в сток в замыкающем створе [2-6].

Метод предназначен для прогнозирования вегетационного стока (среднего за сезон с распределением по месяцам) горных рек в стандартные сроки выпуска прогноза с возможностью их уточнения, с заблаговременностью от 1 до 6 месяцев. Прогнозируемый сток рассчитывается с декадным шагом и

может эффективно уточняться и корректироваться текущей гидрометеорологической информацией по мере сдвигки сроков выпуска прогнозов.

В качестве исходных данных используется стандартная гидрометеорологическая информация – осадки, температура, влажность воздуха, расходы воды в замыкающих створах рек, а также физико-географические характеристики бассейна. На период заблаговременности прогноза задаются климатические оценки метеоэлементов или долгосрочный прогноз аномалий температуры воздуха и осадков.

В настоящее время в систему прогнозирования включены основные гидрологические районы в бассейнах рек Сырдарья и Амударья:

- Чирчик – Ахангаранский (река Пскем, Чаткал, Ахангаран, Угам, приток в Чарвакское водохранилище);
- Алайский хребет, северный склон (реки Тар, Куршаб, Сох, Исфайрам, Исфара, Шахимардан, Акбура),
- Ферганский хребет (юго-западный склон), (реки Каракульджа, Яссы, Кугарт, Тентяксай);
- правые притоки Сырдарьи, (реки Гавасай, Чадак, Падшаата);
- Бассейн реки Зеравшан,
- Бассейн реки Вахш (приток в Нурекское водохранилище),
- Бассейн реки Пяндж,
- Бассейн реки Кафирниган.

Для практического использования модельного комплекса формирования стока и выпуска долгосрочных прогнозов создана автоматизированная система гидрологических расчетов и прогнозов (АИСГП) (рис.1).

В состав АИСГП входят следующие разделы:

- *база гидрометеорологических данных (БГМД)*, представляющая структурно-организованную совокупность информационных объектов для сбора, хранения гидрометеорологических и физико-географических данных, необходимых для достижения поставленной цели обработки;
- *программно-алгоритмическое обеспечение (ПО)*, составляющее основное ядро (базис) системы, функционально-ориентированная совокупность программных элементов (модулей).

В методах прогнозов используется стандартная гидрометеорологическая информация, поступающая в ГМЦ с сети станций и постов, многие из которых расположены за территорией Республики Узбекистан в зоне формирования стока рек Амударья и Сырдарья.

В связи с сокращением наблюдательной сети, особенно по территории Киргизии и Таджикистана, в настоящее время методы прогнозов по ряду гидрологических бассейнов системы АИСГП не обеспечены информацией. Только по трем гидрологическим районам Чирчик-Ахангаранскому, правым притокам реки Сырдарьи и рекам севера Ферганской долины в настоящее время поступает достаточное для прогнозирования стока количество информации. Особую ценность метод представляет в период апрель-июнь для расчета притока в Чарвакское водохранилища, для расчета оптимального наполнения водохранилища до проектной отметки.

### **Статистические методы долгосрочного прогноза стока**

Статистические методы долгосрочного прогноза стока основаны на уравнениях множественной регрессии, где в качестве предикторов используются данные о накоплении осадков на период прогноза для бассейнов горных рек, а также температура воздуха за предшествующий период и данные декадных и маршрутных снегосъемок.

Остановимся на некоторых из них. Методы долгосрочного прогноза стока рек Вахш (гп. Комсомолабад) и Зеравшан (гп. Дупули) на июль-сентябрь основаны на предложении раздельного прогнозирования ледниковой и снеговой составляющих общего стока. [7].

Еще одну группу статистических методов представляют методы долгосрочного прогноза стока рек стекающих с северного склона Алайского хребта (реки Шахимардан, Сох, Исфара). Они основаны на использовании статистических связей между величинами стока и некоторыми гидрометеорологическими характеристиками на гляциологическом стационаре «Ледник Абрамова». Аналогичный подход использован для статистического метода долгосрочного прогноза стока для реки Вахш пост Комсомолабад.

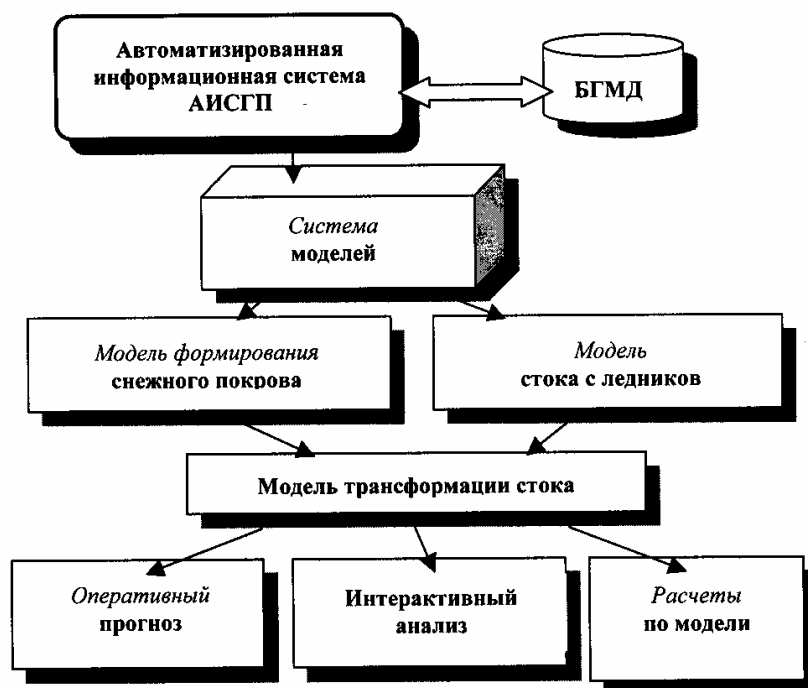


Рис. 1

Структура автоматизированной информационной системы (АИСГП)

Метод прогноза притока воды в Андижанское водохранилище позволяет прогнозировать приток в различные периоды года [8].

Метод долгосрочного прогноза стока реки Амударьи в створах п.Керки и п.Дарганата с учетом хозяйственной деятельности предназначен для прогнозирования вегетационного стока (среднего за сезон и по месяцам) в стандартные сроки выпуска прогнозов. Методической основой прогноза являются уравнения зависимости стока реки Амударьи в створах п.Керки и п.Дарганата от суммы зимних осадков в верховьях бассейна реки Амударьи [9].

Общим недостатком методов основанных на статистической технологии является отсутствие «гибкости», так как статистические зависимости представляют собой некоторый перекидной мостик от предиктора к предиктанту, и отсутствие выбранного предиктора приводит к невозможности использования прогностического метода.

Прекращение наблюдений на некоторых высокогорных станциях таких как «Ледник Федченко», «Ледник Абрамова», «Чаарташ» и ряде других существенно усложнило ситуацию с использованием многих методов.

### Методы сверхдолгосрочного прогноза стока

Методы сверхдолгосрочного прогноза стока предполагают возможность его прогнозирования с заблаговременностью 1 год и более.

В основе сверхдолгосрочных прогнозов используется разные подходы к прогнозу стока. Один из них использует в качестве исходной информации осредненные значения приземных температур воздуха и давления в узлах сетки северного полушария с соответствующей заблаговременностью. Полученные уравнения для расчета притока воды в Чарвакское и Андижанское водохранилища и стока реки Зеравшан прогнозируют сток с заблаговременностью 8, 6, 7 лет соответственно [10].

Прогноз притока в Чарвакское водохранилище с заблаговременностью от 1 до 5 лет осуществляется по связям притока с поступлением талой и дождевой составляющей на водосбор, по связи притока с суммарной величиной поступления, по связям с осадками за холодный и теплый период года. В свою очередь каждая из этих величин прогнозируется по макрометеопредикторам.

Для прогноза притока в Токтогульское, Андижанское и Чарвакское вдхр. в качестве предикторов используются осредненные среднегодовые значения приземных температур воздуха и приземного давления в узлах географической сетки Северного полушария.

### **Методы краткосрочного прогноза стока**

Методы краткосрочных прогнозов стока, заблаговременностью до 10 суток разработанные для реки Зеравшан и среднего течения Амударьи, основаны на использовании аэросиноптической информации. Для Амударьи проблема краткосрочного прогноза стока представляет собой чрезвычайно трудную задачу по ряду причин: из-за неустойчивости русла, больших водозаборов, неучтенных возвратных вод, системы водохранилищ, отсутствия информации о стоке рек Кокча и Кундуз берущих свое начало на территории Афганистана и ряда других мелких причин.

Для получения прогностических уравнений была использована пошаговая множественная регрессия, позволяющая выбрать наиболее информативные предикторы с одновременным построением прогностических уравнений.

В качестве исходной информации используются термогигрометрические характеристики теплой и холодной воздушной масс и высота нулевой изотермы (для периода июль-август). В архив предикторов включены наряду с гидрометеорологическими термогигрометрические характеристики теплой и холодной воздушных масс на изобарических поверхностях 850, 700, 500 гПа.

Методы краткосрочного прогноза стока рек стекающих с северного склона Алайского хребта (реки Шахмардан, Сох, Исфара), а также реки Зеравшан, ст. Дупули основаны на использовании математической модели с учетом времени добегания. Исходными данными для этих методов служат следующие данные: среднесуточная температура воздуха, суточные суммы осадков на гляциологическом стационаре «Ледник Абрамова» и значения площадей оледенения бассейнов рек по высотным зонам.

Метод краткосрочного прогноза притока в Чарвакское водохранилище. Заблаговременность метода от одних суток до десяти суток. В качестве базовой модели использована математическая модель с учетом времени добегания. Исходными данными для этого метода служат следующие данные: среднесуточная температура воздуха, суточные суммы осадков по метеорологической станции Пскем и данные о заснеженности бассейна Чарвакского водохранилища по высотным зонам. Данные о заснеженности получены путем обработки цифровой спутниковой информации с метеорологических спутников серии NOAA [11].

В настоящее время разработаны и используются в практике методы краткосрочных прогнозов стока, основанные на использовании спутниковой информации о заснеженности горной территории (SRM)

### **Заключение**

Из выше сказанного очевидно, что для решения гидропрогностических задач чрезвычайную важность представляет расконсервация метеорологической станции на леднике Федченко (Таджикистан) и восстановление стационара САНИГМИ на леднике Абрамова (Кыргызстан) и придание им статуса международных станций, в работе которых могли бы участвовать все гидрометры Средней Азии.

Для повышения качества прогнозов стока вегетационного периода необходимы данные о снегонакоплении в зонах формирования стока. Эти данные могут быть получены совместным использованием наблюдений высокогорных и среднегорных метеорологических станций, а также результатов дистанционного зондирования (вертолетные наблюдения за высотой снежного покрова по дистанционным рейкам, площадь заснеженности по высотным зонам и речного бассейна в целом по данным спутниковой информации среднего и высокого разрешения) [12-13].

В настоящее время наиболее реальным остается использование цифровой спутниковой информации со спутников NOAA с применением программ ее обработки, предоставленных Швейцарией. Апробация их проведена по ряду гидрологических бассейнов. Необходимо расширить определение площадей заснеженности по зонам формирования стока всех основных бассейнов Сырдарьи и Амударьи.

Для обеспечения первоочередных информационных потребностей гидропрогнозирования необходимо:

- поддержка работы ограниченного числа опорных метеостанций;
- широкое использование радиолокационной и спутниковой информации;



- усовершенствование системы сбора, обработки и распространения первичной гидрометеорологической информации;
- включение бассейна Аральского моря в программу глобальной сети измерений характеристик гидрологического цикла в соответствии с проектами, выполняемыми под эгидой ВМО, ЮНЕСКО и др.
- необходимо, по возможности, сохранять сложившуюся к настоящему времени наблюдательную сеть гидрометеорологических станций;
- основным при реорганизации сети на сегодняшний день считать метод экспертных оценок необходимости данного пункта наблюдений;
- в случае сокращения сети безусловно нельзя закрывать станции:
  - имеющие длительные ряды наблюдений;
  - ведущие наблюдения по широким многоцелевым программам;
  - не имеющие близко расположенные в сходных условиях соседние станции;
- необходимо предварительно учитывать последствия в освещении территории данными при закрытии станции;
- при открытии новых станций и постов следует, прежде всего, выяснить мнение потребителей метеорологической информации и определить потребность в ней вблизи региона предполагаемых станций и постов.
- при организации станций в горах следует придерживаться рекомендаций по репрезентативности данного пункта наблюдений.

Помимо получения текущей информации силами всех НГМС среднеазиатского региона необходимо создать общий банк гидрометеорологических данных.

Для успешного решения гидропрогностических задач наряду с созданием наблюдательной сети оптимальных размеров, удовлетворяющей интересы всех республик в условиях необходимо:

- содействовать международному обмену гидрологическими данными и продукцией в особенности для стран, которые совместно используют речные бассейны;
- следует уделять большую роль вопросам снижения риска и угрозы паводков и засух и оценке водных ресурсов и их качества для устойчивого развития;
- развивать гидрологические прогнозы и предупреждения, как в естественных условиях, так и в аварийных вариантах;
- развивать методы применения связанных с водой данных и информации для оценки, эффективного использования и устойчивого развития водных ресурсов, а также защиты общества от стихийных бедствий, вызываемых гидрологическими явлениями;
- уделять особое внимание развитию следующих областей:
  - гидрологические прогнозы и управление водными ресурсами;
  - методы и технологии для прогнозирования засухи и внезапных кратковременных бурных паводков и селей;
  - проверка и экономическая ценность прогнозов;
  - развитие и поддержание наблюдательной сети.

Конечной же целью прогнозирования стока было и остается создание системы непрерывного прогнозирования, которая включает методы сверхдолгосрочного прогноза или предупреждения, методы долгосрочного и среднесрочного прогноза и методы краткосрочного прогноза.

## Литература

1. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М., Трофимова Е.Б., Шенцис И.Д. Математическое моделирование процесса стока горных рек // Тр. САНИГМИ. 1972. – Вып. 61(76). – 152 с.
2. Агальцева Н.А Долгосрочные прогнозы стока малых рек // Тр. САНИГМИ. – 2001. – Вып.163(244). – С.113-122.
3. Агальцева Н.А, Пак А.В. Автоматизированные долгосрочные прогнозы стока горных рек Средней Азии // Вопросы кибернетики. Автоматизированные системы управления технологическими процессами – 1994 – Вып. 150 – С.112-123.
4. Агальцева Н.А Долгосрочный прогноз притока в Нурекское водохранилище на реке Вахш // Тр. САНИГМИ. – 1996. Вып.149 (230). – С. 101-108.
5. Денисов Ю.М, Агальцева Н.А., Пак А.В. Автоматизированные методы прогнозов стока горных рек Средней Азии. – Ташкент: САНИГМИ, 2000. – 160с.

6. Агальцева Н.А., Василина Л.Ю. Долгосрочный прогноз притока воды в Чарвакское водохранилище // Тр. САНИГМИ. – 1992. – Вып.145. – С. 52-58
7. Коновалов В.Г., Карандаева Л.М. Методы и опыт прогнозирования до 2000 года стока по основным рекам Центральной Азии // Тр. САНИГМИ. – 1998. – Вып.157(238). – С.37-48.
8. Гирник Е.И. Метод прогноза притока воды в Андижанское водохранилище на различные периоды года // Труды САНИГМИ. – 1988. – Вып.127(208). С. 3-31.
9. Мягков С.В. Метод долгосрочного прогноза стока реки Амударья в створах п.Керки и п.Дарганата с учетом хозяйственной деятельности // Руководящий документ. Методические указания. РН 68.02.07:2001. – Ташкент : САНИГМИ. – 2001. – 15 с.
10. Коновалов В.Г., Карандаева Л.М. Methods and Experience of forecasting of an annual runoff on the basic rivers of Central Asia until year 2000 // Proceedings of the International Conference on World Water Resources at the Beginning of the 21 st Centurg (UNESCO, Paris, France, 3-6 June,1998). IHP-V, Ttchnical Documents in Hydrology, NO 18.
11. Перцигер Ф.И., Яковлев А.В. Использование спутниковой информации и геоинформационных систем для моделирования притока в Чарвакское водохранилище // Бюллетень ГКНТ. – 2001. - №3-4. – С.78-86.
12. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. – Ташкент : САНИГМИ, 2000. – 252 с.
13. Чуб В.Е., Иванов Ю.Н. Современное состояние гидрометеорологической сети Центральной Азии // Проблемы бассейна Аральского моря (исследования, проекты, предложения). Тр. Международ. техн. встречи по проблемам бассейна Аральского моря. – Ташкент, 1998. –С.26-30.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫМ СТОКОМ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ В БАСЕЙНЕ Р. СЫРДАРЬИ

А.М. Ганиев

САНИИРИ им. В.Д. Журина

В едином речном бассейне, как в живом организме, существует неразрывная связь между ирригационно-мелиоративными мероприятиями и русловыми процессами. Наличие данной связи подтверждается эмпирическими зависимостями, выявленных на основе регрессионно-корреляционного анализа многолетних (1985-2000 гг.) статистических рядов гидрологических наблюдений и водохозяйственных мероприятий в разрезе вилоятов Узбекистана, находящихся в бассейне р. Сырдарья (табл. 1).

Таблица 1

Функциональные зависимости дренажно-сбросного стока от водозабора по вилоятам бассейна р. Сырдарья

№ п/п	Вилоят	Функциональные уравнения связи	Коэффициент корреляции
1	Андижанский	$D_{\text{кдс}}=18.475 \exp(0.0014B)$	0.845
2	Ферганский	$D_{\text{кдс}}=499.914+0.386 B$	0.943
3	Наманганский	$D_{\text{кдс}}=1.243 B - 1903.322$	0.979
4	Ташкентский	$D_{\text{кдс}}=0.908 B - 1258.62$	0.988
5	Сырдарьинский	$D_{\text{кдс}}=601.59 - 0.383 B$	0.847
6	Джизакский	$D_{\text{кдс}}=0.689 B - 773.37$	0.922

где:  $D_{\text{кдс}}$  – объем дренажно-сбросного стока, млн.м<sup>3</sup>  
 $B$  – водозабор на орошение, млн.м<sup>3</sup>.

В связи с тем, что функциональная зависимость  $D_{\text{кдс}} = f(B)$  носит в основном линейный характер,(за исключением Андижанского вилоята, где данная зависимость имеет экспоненциальный ха-

рактор), при очень тесной связи (коэффициенты корреляции варьируют от 0,85 до 0,98) одним из основных критериальных показателей является коэффициент водоотведения ( $K_{во}$ ), представляющий из себя соотношение дренажно-сбросного стока к водозабору ( $D_{кдс}/B$ ).

В Ферганской долине прослеживается обратная связь между урожайностью хлопчатника и коэффициентом водоотведения, подчиненная экспоненциальному уравнению:

$$Y = 40.3 e^{-0.46K_{во}}, \text{ при } \eta = -0.872.$$

Также выявлена зависимость между коэффициентом водоотведения и суммой ионов солей ( $\Sigma И$ ) несущих в себе возвратные воды в ствол р. Сырдарьи:

$$\Sigma И = 1,031 + 15,439 K_{во} \text{ при } r = 0,863.$$

На основании установленных корреляций используя разработанную автором методику [1] и многолетние статистические ряды возможно оценивать и прогнозировать изменение качества воды в реке (по минерализации) в зависимости от водозабора и стока возвратных вод с орошаемых земель. А с учетом этого, можно рассчитывать прогнозные нормы водоотведения, позволяющие разумно сочетать противоречивые цели: охрана водного источника от истощения и поддержание благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель.

После того, как установлены прогнозные нормы водоотведения, удовлетворяющие национальные и региональные интересы водопользователей, принимаются решения о реализации мероприятий, с помощью которых будут достигнуты и поддерживаться объемы водоотведения, удовлетворяющие мелиорируемые земли и речной бассейн в целом по количеству и качеству.

Пределы возможности сокращения сброса возвратных вод этими мероприятиями варьируют от 5 – 10 % (например: улучшение техники полива) до 80-100% (отвод на другие территории) от общего объема, формируемого на орошаемых массивах. Соответственно и вклад в решение задачи опреснения речной воды также дифференцируется в широком диапазоне (от 0,03-0,05 г/л – оптимизация мелиоративных режимов до 0,4-0,5 г/л – использование ДСВ в местах формирования). Стоимость работ изменяется также в больших пределах (250÷2750 US \$/га).

В связи с этим автором разработана разомкнутая система управления дренажно-сбросным стоком через мероприятия, представленная в блок-схеме (рис. 1) и состоящая из 4-х основных компонентов, в каждый из которых входят как организационно-эксплуатационные, так и инженерно-технические мероприятия с природоохранной направленностью.

1. Одним из первоочередных объектов, где возможно существенное повышение эффективности использования имеющихся водных ресурсов, является сазовая зона Ферганской долины, площадью порядка 400 тыс. га, в пределах которой на непроизводительное испарение с поверхности близко расположенных грунтовых вод ежегодно тратится до 1,4 км<sup>3</sup> воды. [3].

Выполненные расчеты показали, что для рассматриваемых условий оптимальный мелиоративный режим орошаемых почв сазовой зоны обеспечивается при уровне грунтовых вод 1,8-2,2 м. Для поддержания такого режима наиболее целесообразна эксплуатация имеющейся мощности систематических горизонтального и вертикального дренажей в режимах, дифференцированных для различных гидрогеологических и почвенных разностей.

Установлено, что при понижении УГВ до 2,2 м от исходных 0,5-1,5 м можно получить дополнительные водные ресурсы в виде пресных подземных вод в объеме до

1,0 км<sup>3</sup>, то есть значительно улучшить водохозяйственные условия орошаемых территорий и в известной мере решить основную задачу рационального использования водоземельных ресурсов Ферганской долины. Сэкономленный в голове водоисточника кубокилометр пресной оросительной воды может быть транзитом транспортирован для повышения водообеспеченности на ниже расположенные территории среднего течения р.Сырдарьи, уменьшив минерализацию речной воды на 0,03-0,05 г/л.

2. Что касается реконструкции гидромелиоративных систем то, при существующем уровне КПД системы в последние годы (в среднем за 1985-1999 гг.) с мелиорируемых территорий в ствол р. Сырдарьи отводилось 8,7 км<sup>3</sup> КВД, с которыми выносилось 17,53 млн. тонн солей. С повышением КПД систем, от 0,65 до 0,75-0,8 объемы дренажных вод в среднем сокращаются от 15 до 30 %. Как показали подсчеты, объем КДВ в бассейне р. Сырдарьи составят 6,1-7,4 км<sup>3</sup> в год, а вынос солей уменьшится до 12,3-14,9 млн. тонн в год. Это позволит снизить минерализацию речной воды на 0,1-0,2 г/л.

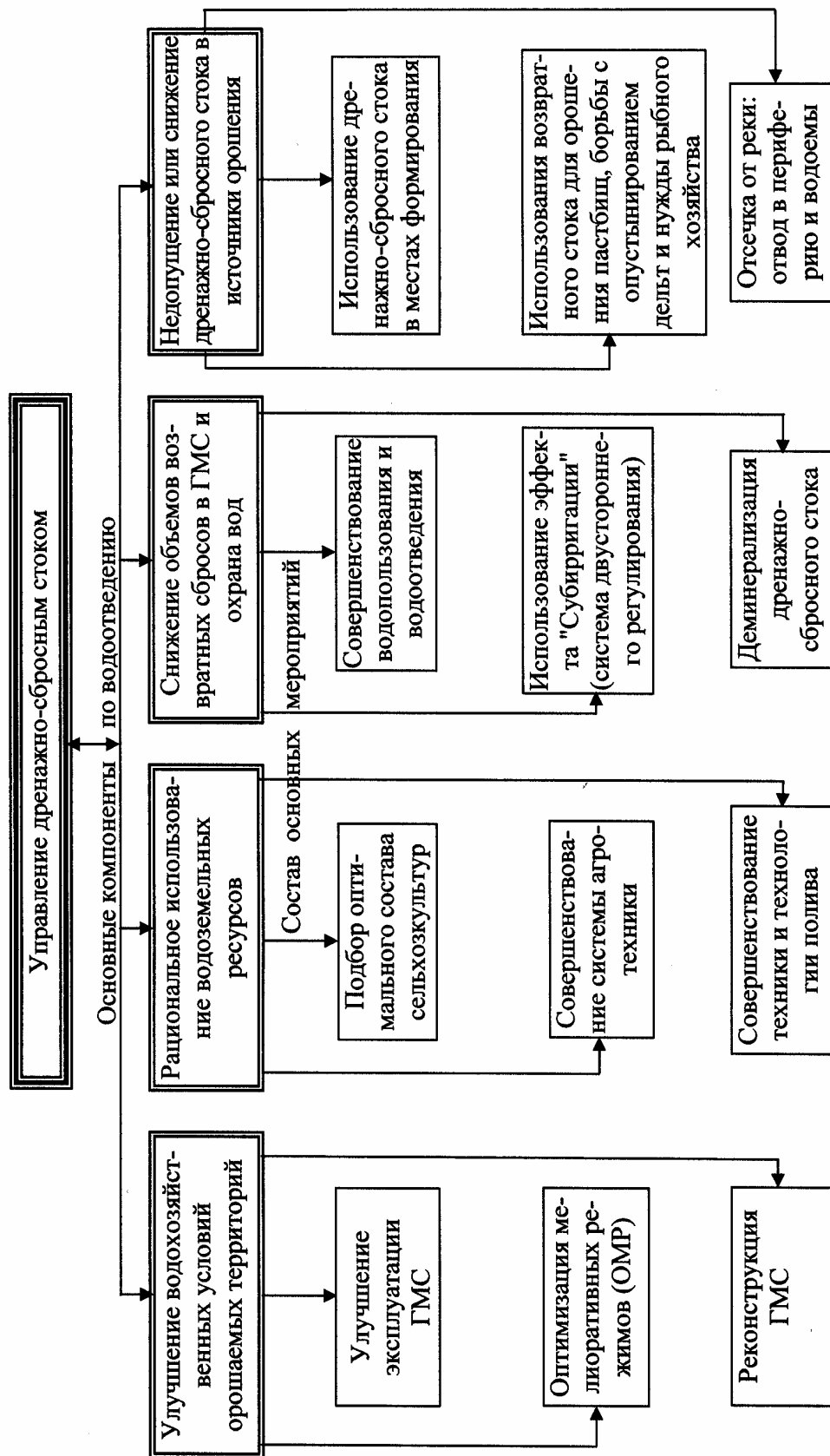


Рис.1  
Блок – схема управления дренажно-сбросным стоком через мероприятия

3. Использование адырных земель с высокой водопроницаемостью подстилающих горизонтов под влагоёмкие сельскохозяйственные культуры с применением традиционного бороздкового полива приводит к большим затратам водных ресурсов. Объёмы водоподачи в адырной зоне по оценкам САНИИРИ [2] составили 14,5-16,0 тыс.м<sup>3</sup>/га в год, что на всей площади освоенных адыров в 157 тыс.га составляет 2,3-2,4 млрд.м<sup>3</sup> воды в год. Величина дренажного стока в виде подземных притоков с гипсометрически вышерасположенных земель в размере до 1,0 л/с/га (вместо проектных 0,3-0,4 л/с/га) в 2-3 раза выше расчетных нагрузок на дренаж. На вынужденные сбросы и глубинную инфильтрацию расходуется порядка 1,3-1,5 млрд.м<sup>3</sup> в год.

Состав культур, высеваемых на адырных землях (хлопчатник + пшеница; пшеница + повторные; сады + пшеница в междурядьях + кукуруза и др.), увеличивают вегетацию вдвое, а гидромодуль - в 1,5 раза.

При изменении структуры посевов и внедрении водосберегающих технологий на всей площади освоенных адыров глубинная инфильтрация снижается до 0,5-0,8 км<sup>3</sup>. Если учесть, что средневзвешенная минерализация дренажных вод составляет 2,0-2,5 г/л, то вынос солей в реку сократится на 1,0-2,0 млн. тонн в год. За счёт этого минерализация речной воды сократится на 0,05-0,1 г/л.

4. При переводе орошаемых адырных земель на современную технику и технологию полива, можно добиться того, что инфильтрация с гипсометрически вышерасположенных земель будет приближена к нулю. Тем самым будет устранена существенная добавка (2-3 тыс.м<sup>3</sup>/га) к напорному питанию, имеющему место на приадырных землях. Если учесть, что только по Ферганской долине площади орошаемых галечниковых и адырных земель составляют 157 тыс.га, то только по долине сокращение дренажного стока в ствол р. Сырдарья составит 0,3-0,5 км<sup>3</sup>, что позволит снизить минерализацию воды в реке на 0,025-0,05 г/л.

5. К совершенствованию системы агротехники можно отнести и такой приём, как возделывание перспективных сортов хлопчатника под тонкостенной полиэтиленовой пленкой (так называемый Андижанский метод). Применение пленки в начальной стадии развития хлопчатника в качестве защиты от неблагоприятных метеорологических условий и испарения почвенной влаги, позволяет не только сократить период созревания хлопчатника на 15-20 дней, но и сэкономить от 1000 до 1500 м<sup>3</sup>/га в качестве первого полива.

Применение данного метода на 340 тыс.га орошаемых земель Ферганской долины позволяет снизить водозабор из реки на 0,5 км<sup>3</sup>, что несомненно отражается на снижении минерализации воды в р. Сырдарья на 0,01-0,015 г/л.

6. При дальнейшем совершенствовании водопользования и водоотведения рациональное использование ресурсов (до 10 км<sup>3</sup>/год) подземных вод на орошение позволит сократить объём отводимого в реку коллекторно - дренажного стока на

1,0-2,0 км<sup>3</sup>/год и снизить минерализацию речной воды на 0,1-0,15 г/л.

Технологический приём по сдвигу сроков проведения промывок между Ферганской долиной и Голодной степью при сдвиге сроков промывок на весенние периоды и совмещении их с влагозарядковыми поливами позволит сэкономить водные ресурсы Голодной степи, где площади промывок и влагозарядковых поливов составляют 400-500 тыс.га (при фактической величине влагозарядковых поливов 1,5-2,0 тыс.м<sup>3</sup>/га) - от 0,6 до 1,0 км<sup>3</sup>, а в Ферганской долине (с площади 800-900 тыс.га)- от 1,5 до 2,0 км<sup>3</sup> [4]. Таким образом, доля сброса КДВ в ствол реки сократится на 1,2-1,8 млн. тонн, что позволит сократить минерализацию речной воды на 0,1-0,15 г/л.

7. В бассейне Сырдарьи отводу за пределы зоны формирования или местные понижения в основном подлежат коллекторно-дренажные воды Сырдарьинской и Джизакской областей. Минерализация дренажных вод в этих районах составляет от 2,5 до

5 г/л – в Джизакской, и 3 г/л – в Сырдарьинской области. Объём коллекторно-дренажных вод формируемый в этих областях составляет: в Джизакской области около 1200 млн.м<sup>3</sup>, в Сырдарьинской - 1900 млн.м<sup>3</sup>. Из этого объёма, за пределы орошаемых земель в Арнасайское понижение и озеро Тузкан отводится более 98 % КДВ по Джизакской области, и порядка 50% - по Сырдарьинской области.

В результате данного мероприятия от русла реки Сырдарьи отсекается более семи миллионов тонн солей, содержащихся в двух километрах кубических дренажно-сбросных вод (ДСВ), отводимых на периферию. Тем самым удаётся избежать повышения минерализации в реке более чем на 0,3 г/л.

8. По результатам типизации почвенных разностей (выполненной институтом “Узгипрозем” в 1987 г) выделены и установлены площади распространения пригодных для орошения минерализованными водами почв, которые составляют 299 тыс.га в Ферганской долине и 286 тыс.га – по сред-

нему течению р. Сырдарья (или 33 и 29 % соответственно от орошаемой площади). Всего по бассейну р. Сырдарья площади с лёгким механическим составом почв составляют 585 тыс.га или 30,9 % от общей площади орошения. Из общего объёма формируемых КДВ можно повторно использовать до 42% (5,15 км<sup>3</sup>), а из отводимого в ствол реки объёма – до 59 %. При этом вынос солей в реку снизится на 10,6 млн. тонн и составит около 7,0 млн. тонн, что позволит снизить минерализацию речной воды на 0,46 г/л (табл. 2).

В настоящее время (1999 г.) использование КДВ на орошение составляет 1,1 км<sup>3</sup> (21 % от возможного использования), что также позволяет снижать минерализации в реке на 0,08 г/л, т.к. на основании осреднения многолетних статистических данных (1985- 1999 гг.) каждые 2,2 млн.тонн солей, содержащиеся в 1,35 км<sup>3</sup> КДВ повышают минерализацию воды в р.Сырдарья на 0,1 г/л.

Следовательно, для условий верхнего и среднего течений бассейна р. Сырдарья сокращение объёмов сброса КДВ и солей в ствол реки за счет внутриконтурного использования последних является одним из основных способов улучшения качества речной воды.

Таблица 2

Оценка возможности снижения минерализации воды р. Сырдарья при внутриконтурном использовании КДВ для легких почв (в пределах Узбекистана)

Водохозяйственный район	Общий объем КДВ и солей (ср. за 1985-1999 гг.)		Объем КДВ и солей отводимых в Сырдарью (ср.1985-1999 гг.)		Площади с легким мех. составом и хорошей водопроницаемостью грунтов, тыс. га	Пригод. для в/к использ. КДВ оценен. по сущ. клас., млн. м <sup>3</sup>	Сокращ. отвода солей при использ. КДВ, млн.т	Снижен. минер. речной воды, г/л
	км <sup>3</sup> в год	млн.т. в год	км <sup>3</sup> в год	млн.т. в год				
Ферганская долина	7,33	12,02	7,0	11,48	299	4080	6,7	0,291
ЧАКИР	5,05	14,48	1,7	6,05	286	1070	3,8	0,165
Итого	12,38	26,5	8,7	17,53	585	5150	10,6	0,46

Примечание: графа 2 ÷ 5 – данные Минсельводхоза РУз.;  
 графа 6 – данные института “Узгипрозем”(1987 г);  
 графа 7 – данные САНИИРИ (1997 г).

Необходимо отметить, что комплексная реализация разработанных мероприятий, в первую очередь не требующих значительных инвестиций и капитальных затрат (таких как подбор оптимального состава с/х культур, совершенствование системы агротехники, водопользования и водоотведения, использование КДВ в местах формирования) дает возможность снизить минерализацию воды в р.Сырдарья до 0,6 – 0,7 г/л по сравнению с существующими 1,2 – 1,4 г/л, а также получить дополнительный водный ресурс в объеме до 8 – 9 км<sup>3</sup> (табл. 3).

В аридной зоне, при хроническом дефиците водных ресурсов, важно принять правильное решение о возможных вариантах рационального использования возвратных вод, т.к. это позволит не только снизить антропогенную нагрузку на природные объекты, но и получить дополнительный водный ресурс.

Таблица 3  
 Мероприятия по охране окружающей среды бассейна р. Сырдарья

№ п/п	Мероприятия	Орошаемых территорий	Руслу реки	Экологоохранное значение для:	
				Экономия, км <sup>3</sup> /год	В т.ч. Опреснение, г/л
1	Реконструкция: а) оросительной сети; б) КДС.	Снижение УГВ Предотвращение засоления Опреснение	Экономия оросительной воды Снижение УГВ и минерализации ГВ	1,3 ÷ 2,6 Нет данных	0,1 – 0,2 Нет данных
2	Оптимизация мелиоративных режимов	Повышение плодородия	Экономия воды	1,0	0,03 ÷ 0,05
3	Подбор оптимального состава сельскохозяйственных культур	Восстановление плодородия	Экономия воды	0,5 – 0,8	0,05 ÷ 0,1
	Совершенствование: а) системы агротехники; б) техники и технологии полива; в) водопользования и водоотведения.	Предотвращение эрозии Повышение плодородия Осуществление оптимального полива	Предотвращение от загрязнения Экономия воды	0,5 0,3 ÷ 0,5	0,01 ÷ 0,015 0,025 ÷ 0,05
5	Использование дренажно-сбросных вод (ДСВ) в местах формирования	Повышение плодородия Повышение водообеспеченности	Экономия воды Экономия воды в источнике	1,5 – 2,7 5,15	0,15 ÷ 0,3 0,46 (при КИДСВ=0,6)
6	Утилизация возвратного стока для орошения пастбищ, ветландов и нужд рыбного хозяйства	Повышение плодородия и водообеспеченности. Обогащение флоры и фауны. Создание микроклимата	Экономия воды в источнике	Нет данных	Нет данных
7	Отсечка ДСВ от реки, отвод в водоёмы и на периферию	Охрана от загрязнения и вторичного засоления	Предотвращение загрязнения	-2,0	0,3
8	Деминерализация ДСВ (гипотетическая перспектива)	Повышение водообеспеченности	Дополнительный источник оросительной воды	Нет данных	Нет данных

Примечание: КИДСВ – коэффициент использования дренажно-сбросных вод.

Обоснование принимаемого решения в современных (рыночных) условиях должна базироваться на экономическом критерии, предполагая, что необходимо получить максимальный эффект с учетом экологических требований, т.е.:

$$\mathbf{\text{Эmax}} = \mathbf{\Sigma P} - \mathbf{\Sigma Z} \quad (1)$$

где:  $\mathbf{\Sigma P}$  – суммарный результат получаемый при нормативном (минимальном) водоотведении и повторном использовании дренажно-сбросных вод (ДСВ);

$\mathbf{\Sigma Z}$  – суммарные затраты по утилизации ДСВ.

Экологическая составляющая  $\mathbf{\Sigma P}$  состоит из:

- уменьшения количества забираемой воды из естественных источников;
- уменьшения сброса загрязненной воды за пределы ГМС;
- снижение урожайности сельхозкультур, связанное с качеством вод и ухудшением мелиоративного состояния земель;
- ограничение состава сельхозкультур из-за ухудшения качества вод;
- увеличение затрат воды на орошение и промывки для обеспечения промывного режима орошения;
- ограничения возможности использования воды для различных целей, прежде всего, для питьевого водоснабжения.

Экономическая составляющая  $\mathbf{\Sigma P}$  состоит в стоимости воды, которую надо было бы забрать из естественного источника минус экологические убытки за счет ухудшения качества воды:

$$\mathbf{\Sigma P} = (\mathbf{Дкдс} - \mathbf{Дс}) \cdot \mathbf{Ц} - \mathbf{Уэ} \quad (2)$$

где:  $\mathbf{Ц}$  – цена единицы воды, забираемой из естественного источника (определяют исходя из закона о платном водоиспользовании);

$\mathbf{Дкдс}$  – имеющийся объем ДСВ, м<sup>3</sup>;

$\mathbf{Дс}$  – часть ДСВ, сбрасываемая за пределы ГМС, м<sup>3</sup>;

$\mathbf{Уэ}$  – экологические убытки.

Суммарные затраты по утилизации ДСВ равны:

$$\mathbf{\Sigma Z} = \mathbf{\Delta Д} \cdot \mathbf{Су} \quad (3)$$

где:  $\mathbf{\Delta Д}$  - объем утилизируемой воды (совпадающей с  $(\mathbf{Дкдс} - \mathbf{Дс})$ );

$\mathbf{Су}$  – стоимость утилизации 1 м<sup>3</sup> воды (капзатраты на повторный водозабор, эксплуатацию, очистку, деминерализацию, смешивание и т.д.).

Тогда:

$$\mathbf{\text{Эmax}} = \mathbf{\Delta Д(Ц - Су)} - \mathbf{Уэ} \quad (4)$$

В заключении необходимо отметить, что в случае, если  $\mathbf{\text{Эmax}} > 0$ , то принимается окончательное решение о реализации планируемых мероприятий по нормированию водоотведения и утилизации ДСВ.

В случае,  $\mathbf{\text{Эmax}} = 0$  – теряется экономическая заинтересованность в проведении мероприятий, т.к. цель любого производства (включая и сельскохозяйственного) – получение прибыли, а не повышение урожайности. В данном случае решающую роль в принятии решения о реализации или не реализации мероприятий играет субъективный фактор (волевое решение, мнение общественности, пропаганда в средствах массовой информации и т.п.).

В случае,  $\mathbf{\text{Эmax}} < 0$ , тогда рассматривается вопрос о компенсации экологических ущербов, что обосновывается, и юридически закрепляются региональными межправительственными соглашениями (по типу Дунайской конвенции).

## Выводы

1. Выявленные эмпирические зависимости доказывают, что в едином речном бассейне существуют неразрывные прямые и обратные связи между ирригационно-мелиоративными мероприятиями и



русловыми процессами.

2. На основании установленных корреляций, используя предлагаемую методику (описанную в [1]) и многолетние статистические ряды, можно оценивать и прогнозировать изменение качества воды в реке (по минерализации) в зависимости от водозабора и стока возвратных вод с орошаемых земель.

3. Осуществление разработанных организационно-технических мероприятий даст возможность значительно сократить минерализацию воды как на выходе из Ферганской долины, так и по всему среднему течению р. Сырдарьи, что позволит не только снизить антропогенную нагрузку на природные объекты, но и получить дополнительный водный ресурс.

4. Предлагается модель по определению экономической эффективности использования минерализованных вод на орошение с/х культур.

### **Литература**

1. Ганиев А.М. “Графоаналитический метод оценки и прогноза взаимодействия орошаемой территории с рекой”. В сб. статей конференции АУЗУИВР, Ташкент, 2000 г., с.41 – 42.

2. Ганиев А.М., Бекмуратов Т.У. “Рекомендации к разработке инженерно-мелиоративных мероприятий по снижению отрицательных последствий освоения адыров и галечниковых земель в Ходжабадском и Кургантепинском районах Андижанской области”. САНИИРИ, Ташкент, 1991 г., 48 с.

3. Хакимов А “Разработка мелиоративных режимов орошаемых земель сазовой зоны Ферганской долины”. Автореферат диссертации кандидата технических наук, М., МГМИ, 1984 г., 26 с.

4. Якубов М.А. “Особенности мелиоративно-гидрологических процессов в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи и регулирования качества их вод”. Автореферат докторской диссертации, Ташкент, НПО САНИИРИ, 1997 г., 49 с.

## **УПРАВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫМИ И ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ В ЗОНЕ АРЫСЬ - ТУРКЕСТАНСКОГО КАНАЛА**

**Ф.Ф. Вышпольский, Х.В. Мухамеджанов**

**Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства**

Арысь - Туркестанская оросительная система рассчитана на использование свободного стока рек Арысь и Бугунь. Сток этих рек при 75% обеспеченности составляет около 900 млн. м<sup>3</sup>, а емкость Бугуньского водохранилища – 370 млн. м<sup>3</sup>. Потребность в воде Арысь - Туркестанского массива орошения площадью 65 тыс. га составляет около 700 млн. м<sup>3</sup>. Половина водопотребления данного массива орошения удовлетворяется за счет свободного стока, а другая половина – из самого водохранилища. Забор воды из реки Арысь прекращается в мае, а возобновляется в октябре. Во вневегетационный период заполняется водохранилище, проводятся влагозарядковые поливы и профилактические промывки, а также поливы зерновых культур и многолетних трав. В летний период потребность в воде удовлетворяется за счет емкости водохранилища. В последние годы проектная емкость заполнения водохранилища (по техническим причинам) сократилась на 20 % и составляет около 300 млн. м<sup>3</sup>, а площадь орошаемых земель (относительно проекта) возросла на 10 тыс.га. Поэтому в самый ответственный период формирования урожая, когда зависят годовые итоги деятельности сельхозработника от своевременного проведения вегетационных поливов, среднемноголетняя водообеспеченность орошаемых земель колеблется от 70 до 95%, а в маловодные и засушливые годы опускается до 50-70%.

Опыт эксплуатации Арысь – Туркестанской оросительной системы показывает, что при лимитированном водозаборе продуктивность орошаемого земледелия зависит от технического состояния оросительной и дренажной сети, технологии управления поверхностными и подземными водами для их рационального использования сельскохозяйственными культурами. В зоне Арысь - Туркестанского канала, малые реки (Чаян, Арыстанды, Икан-Су, Карачик, Ирмек – узен) не зарегулированы, поэтому степень использования их на орошение зависит от динамики речного стока по сезонам года. В таких условиях проблема magazинирования вневегетационного стока на орошаемых территориях, их

использования на орошение и субиригацию является перспективной. Экономичность данного приема существенно повышается при внедрении ресурсосберегающей технологии орошения. Эффективность использования поверхностных и подземных вод в сельхозпроизводстве определяется объемами неизбежного расхода воды на формирование урожая возделываемых культур, на регулирование солевого режима почв, на технологические потери, которые формируются от водозабора до их использования растениями.

Туркестанский магистральный канал оказывает значительное влияние на формирование подземных вод в пределах орошаемой территории. Объемы потерь воды на фильтрацию зависят от расхода воды, фильтрационных свойств грунтов русла канала, различия гидравлических параметров канала (ширины по урезу воды, скорости патока, мощности слоя воды, степени зарастания и т.д.). Объемы потерь воды из Туркестанского магистрального канала (при водозаборе 400-700 млн.м<sup>3</sup>) составляют 65-98 млн.м<sup>3</sup>. Данные потери поступают в водоносные горизонты и по уклону водоупора перемещаются на орошаемые земли, где оказывают влияние на режим грунтовых вод, которые выклиниваются в дренажные системы и могут использоваться на орошение и субиригацию. В пределах отдельных хозяйств объемы этих потерь могут устанавливаться по данным таблицы 1.

Таблица 1

Удельные потери воды на фильтрацию из Туркестанского магистрального канала, млн.м<sup>3</sup> (по данным Лигая А.Д.)

№ п/п	Наименование участков (границы)	При головном водозаборе, млн.м <sup>3</sup>			
		400	500	600	700
1	Бугунь – Чаян ПК 8-490	0,52	0,59	0,68	0,78
2	Мынбулак – Икан-Су ПК 490-890	0,51	0,58	0,67	0,77
3	Чага ПК 890-908	1,06	1,3	1,53	1,76
4	Чага ПК 908-1001	0,26	0,32	0,39	0,44
5	Чага – Карачик ПК 1001-1220	0,51	0,60	0,70	0,80
6	Чернак ПК 1220-1400	0,16	0,19	0,23	0,27

Из приведенных данных следует, что минимальная интенсивность питания подземных вод отмечается в районе Чага (ПК 908-1001) и в концевой части магистрального канала (Чернак ПК 1220-1400). Максимальные показатели по интенсивности питания подземных вод отмечены в районе участка Чага (ПК 890-908), где в течение года в подземный поток вовлекается 1,76 млн.м<sup>3</sup> фильтрационных вод. Другим источником питания подземных вод является внутривозрастная оросительная сеть. Размеры потерь воды на фильтрацию из данной сети зависят не только от протяженности, фильтрационных свойств грунтов, технического состояния (зарастания, уровня разрушения облицовки), но и режима их работы. Например, в канале Р-1 при расходе 60 л/с удельные потери составляли 4,5 л/с на один км длины, а при расходе 260 л/с возросли до 12 л/с. В данном случае увеличение расхода воды в 4,3 раза приводило к росту потерь лишь в 2,7 раза, что указывает на целесообразность поэтапного проведения сосредоточенных поливов по длине канала. Применение технологии водораспределения, которая ориентирована на проведение сосредоточенных поливов обеспечит сокращение технологических потерь на 35 – 55 млн. м<sup>3</sup>.

В последние годы перестала функционировать служба по очистке, текущему и капитальному ремонту каналов, особенно с противофильтрационной одеждой, что приводит к росту потерь воды во внутривозрастной оросительной сети. Балансовые исследования показали, что при длительной эксплуатации (более 10 лет) облицованных каналов потери воды на фильтрацию могут превышать значения, полученные для земляных каналов, которые эксплуатируются более 20 лет (таблица 2).

Динамика формирования потерь воды на фильтрацию во внутривозрастной оросительной сети предопределяется расходами воды в каналах, протяженностью одновременно работающих распределителей, доли лотковых и облицованных каналов в общей длине, их техническим состоянием. В зависимости от головного водозабора интенсивность питания подземных вод за счет потерь воды из внутривозрастной оросительной сети колеблется в пределах 90-150 млн. м<sup>3</sup> при проведении сосредоточенных поливов по длине каналов, от 125 до 205 млн. м<sup>3</sup> при рассредоточенных поливах по длине канала.

Таблица 2

Потери воды на фильтрацию в облицованных каналах (по данным Лигая А.Д.)

№ п/п	Шифр распределителя	Вид облицовки	Расход воды, л/с	Потери воды на 1 км		Продолжительность эксплуатации, лет
				Удельные, л/с	в %	
1	P-1	Земляное русло	1108	26	2,3	25
2	P-11-T	Прямоугольный сборный ж/б	480	12	2,5	8
			214	5,8	2,7	
			1347	9,5	0,7	
3	P-23	Трапецидальный сборный ж/б	450	5,4	1,2	18
			343	4,5	1,3	
4	P-27-1	Прямоугольный лоток	574	38,4	6,7	5
			186	1,3	0,7	

Технология орошения, спланированность поливных земель также определяют объемы потерь оросительных вод. Поступающая вода из временных оросителей расходуется на увлажнение почв, испарение с водной поверхности, технологические сбросы в конце поливных борозд и фильтрацию. Объемы потерь воды на испарение с поливных элементов (борозд, временных оросителей, зон затопления) составляют 5-8 % от водоподачи. Технологические сбросы зависят от элементов техники полива, спланированности поля и изменяются в широких пределах от 10 до 14 % от водоподачи. Эффективность использования оросительной воды определяется её расходами на насыщение почв, фильтрацию, испарение, сброс. При производственных поливах по бороздам они изменяются в широких пределах и зависят от почвенно - мелиоративных условий (таблица 3).

Анализ приведенных данных показывает, что фильтрационные потери на орошаемых землях колеблются от 18,0 до 22,7 % от водоподачи и в среднем составляют около 20 %. С учетом КПД оросительной сети и инфильтрационных потерь на орошаемых землях интенсивность питания подземных вод изменяется в широких пределах от 48 до 58 % от головного водозабора (400 – 700 млн. м<sup>3</sup>) и составляет - 214 - 377 млн.м<sup>3</sup>. Из них 30-40 млн. м<sup>3</sup>/га расходуется на подземный сток, 40-70 млн. м<sup>3</sup> на дренажный сток, оставшийся объем подземных вод используется на субиригацию (134 - 267 млн. м<sup>3</sup>). С учетом коэффициента земельного использования 0,65, площадь контура орошаемой территории, где растения используют грунтовые воды, составляет 100 тыс. га. При перерасчете на 1 га на эвапотранспирацию может расходоваться от 1340 до 2670 м<sup>3</sup>/га грунтовых вод.

Таблица 3

Потери оросительной воды на орошаемых землях

Наименование Хозяйств	Длительность полива, час	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Расходы воды, м <sup>3</sup> /га				Потери воды в % от поливной нормы	
			увлажнение почв	испарение	фильтрация	Сброс	фильтрация	сброс
Кенжебаева	45	1845	1050	150	395	250	21,1	13,6
Исаханова	40	1780	1080	140	360	200	20,2	11,2
Спатаева	24	1480	1960	85	290	145	19,6	9,8
Кок-Арал	42	1545	955	150	290	150	18,8	9,7
Икан	30	1475	980	90	265	140	18,0	9,5
Туркестан	35	1825	1080	110	415	220	22,7	12,1

Различия в объемах возможного использования грунтовых вод на субиригацию определяются преимущественно размерами водозабора в осенний период, для полива озимых культур и многолетних трав, в зимне-весенний период для вегетационных и влагозарядковых поливов. В летний период размеры водозабора (на средневзвешенный гектар) зависят от объемов заполнения Бугуньского водохранилища, использования свободного стока р. Арысь и колеблются от 3,8 до 4,2 тыс. м<sup>3</sup>/га, а ороси-

тельных норм (брутто) от 1,7 до 2,2 тыс. м<sup>3</sup>/га. Данного объема воды явно недостаточно для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

При таких нормах водозабора дополнительным источником повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование дренажно-сбросных вод на орошение и субиригацию. В первом случае дренажно-сбросные воды используются на орошение путем насосного водоподъема, во втором – шлюзование (устройство шлюзов-регуляторов на коллекторно-дренажной сети) повышает уровень грунтовых (подземных) вод, увеличивает их расходы на эвапотранспирацию. Возможность применения второго варианта подтверждается достаточным рассолением почв и грунтовых вод, устойчивым снижением засоленности дренажных вод (таблица 4). Оценка качества дренажных вод показала, что в большинстве случаев коэффициент (SAR) не превышает 6 и колеблется от 1,5 до 9. Периодическое (в маловодные и средневодные годы) их применение на орошение и субиригацию не приведет к вторичному засолению, но улучшит водоснабжение растений.

В зоне Арысь - Туркестанского канала объемы дренажно-сбросных вод определяются объемами водозабора. В летний период, когда дренажно-сбросные воды используются на орошение, объемы их стока изменяются в широких пределах от 30 - 40 млн. м<sup>3</sup> в многоводные годы до 10-15 млн. м<sup>3</sup> в маловодные. При таком режиме формирования дренажно-сбросных вод стабилизация водообеспеченности орошаемых земель может достигаться преимущественно за счет применения технологии водосбережения. Опыт применения поливов через борозду показывает, что потери воды на эвапотранспирацию сокращаются до 10%, на фильтрацию до 30%, а на испарение с поверхности почвы (непроизводительные потери) до двух раз.

Таблица 4  
Химический состав коллекторно-дренажных вод, г/л

Место отбора проб	Годы			
	1964-1966	1972-1974	1993-1995	2000
Х/с Тимирязева К-1-1	6,0-8,0	5,0-6,0	2,3-2,8	1,4-1,9
Х/с Исаханова К-1-2	6,5-8,5	5,0-6,5	2,5-3,0	1,5-2,2
К-1-3	7,0-9,0	6,0-7,5	2,5-3,0	1,5-2,0
Х/с Икан К-5-1	-	1,5-2,0	1,3-1,8	1,0-1,4
К-1	-	1,4-2,1	1,1-1,5	0,9-1,3

Водобалансовыми исследованиями установлено, что без использования определенного объема воды вневегетационного стока р. Арысь невозможно стабилизировать сельскохозяйственное производство. Например, для выращивания озимых культур и проведения профилактических промывок требуется около 80-90 млн. м<sup>3</sup> воды (октябрь, ноябрь), для полива озимых культур и многолетних трав, увлажнения почв до полевой влагоемкости и создания на орошаемых землях подземных водохранилищ (в объеме 120 – 125 млн. м<sup>3</sup>), которые летом используются на субиригацию требуется 175-185 млн. м<sup>3</sup> (март – май). За вневегетационный период водозабор составит 255-275 млн. м<sup>3</sup>. Сокращение водозабора в вневегетационный период неизбежно приведет к снижению запасов подземных вод, которые используются на субиригацию, потребует увеличения водозабора. Однако объемы наполнения Бугуньского водохранилища (по техническим причинам) снизились на 75 – 85 млн. м<sup>3</sup>, поэтому водоподача в летний период уменьшилась на 20-25%. В таких условиях уровень дефицита воды определяется объемами вневегетационного водозабора.

Перечисленные мероприятия (увеличение посевов озимых культур, которые можно выращивать за счет вод вневегетационного стока и зимних осадков; проведение сосредоточенных поливов по длине каналов; применение технологии полива через борозду, шлюзование для использования дренажно-сбросных вод на орошение и субиригацию) повысят водообеспеченность орошаемых земель за счет использования дренажно-сбросных вод на орошение и субиригацию, применения технологии водосбережения; снизят затраты воды на получение единицы продукции и уязвимость сельхозпроизводства в условиях дефицита воды.

# ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ЕГО КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА

Н.Г. Верещагина, Е.М. Видинеева, Н.И. Рахматова

САНИГМИ им.В.А.Бугаева

Большая часть Чирчик-Ахангаранского бассейна составляет территорию Ташкентской области. Это - наиболее экономически развитый район Узбекистана, где производится более 40% валовой продукции Республики. Ведущую роль занимают машиностроение, металлургическая и химическая промышленность, электроэнергетика.

В городах сосредоточено около 70% промышленного потенциала РУз, в области проживает более 25% населения. Коммунально-бытовые и промышленные сточные воды загрязняют водоемы и водотоки различными специфическими загрязняющими веществами, в том числе ионами тяжелых металлов. Некоторые из них являются канцерогенными, другие обладают токсичностью.

Многолетние наблюдения за загрязнением поверхностных вод в фоновых районах стран – бывших членов СЭВ показали, что в целом уровни загрязнения речных и озерных вод Средней Азии тяжелыми металлами соответствуют мировым оценкам. Однако, сравнительный анализ выявил повышенные уровни содержания ряда тяжелых металлов, например, свинца в горных реках Средней Азии (ст. Ледник Абрамова) [2].

Антропогенное загрязнение речных и озерных вод нивелируется процессами самоочищения водоемов главным образом за счет седиментации взвешенных частиц. Известно, что в речных водах со средней мутностью  $0,36 \text{ г/дм}^3$  со взвешенным веществом мигрирует более 90% свинца, 30-50% мышьяка и кадмия и около 20% ртути, причем доля металлов во взвеси заметно растет с ростом мутности рек [3]. Рассмотрим некоторые аспекты влияния ионов тяжелых металлов на человека и биоту.

Для характеристики загрязнения поверхностных водотоков тяжелыми металлами нами были выбраны следующие: кадмий, медь, никель, ртуть, хром, цинк, свинец. Поскольку по токсичности и некоторым другим свойствам соединения мышьяка сходны с солями тяжелых металлов, здесь рассмотрены также соединения мышьяка.

Растворенные в природных водах формы кадмия представляют собой главным образом минеральные и органоминеральные комплексы. Основной взвешенной формой кадмия являются его сорбированные соединения. Значительная часть кадмия может мигрировать в составе клеток гидробионтов [4].

Соединения кадмия играют важную роль в процессе жизнедеятельности человека и животных, однако в повышенных концентрациях кадмий токсичен, особенно в сочетании с другими токсичными веществами.

Основными источниками поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности, альгекцидные реагенты, используемые для уничтожения водорослей. Медь может появляться в воде в результате коррозии медных изделий в технике.

Медь относится к числу активных микроэлементов, участвующих в процессе фотосинтеза и влияющих на усвоение азота растениями. Недостаточное содержание меди в почвах отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов и способствует бесплодию растительных организмов. Вместе с тем избыточные концентрации меди оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы.

Соединения никеля играют важную роль в клеточных процессах, являясь катализаторами. Повышенное его содержание оказывает специфическое воздействие на сердечно-сосудистую систему.

Свинец – промышленный яд, способный при неблагоприятных условиях оказаться причиной профессионального отравления. В организм человека свинец и его соединения проникают главным образом через органы дыхания и пищеварения. Наиболее опасны аэрозоли, образующиеся при испарении расплавленного свинца. Удаляется из организма очень медленно вследствие чего накапливается в костях, печени и почках.

Хром относится к переходным элементам, обладающим переменной электровалентностью, может быть шести и трех валентным.

В повышенной концентрации соединения шести и трех валентного хрома обладают канцерогенными свойствами.

Металлическая ртуть токсически индифферентна, однако пары ее, попадая в организм, легко сорбируются белковыми молекулами, которые после этого перестают играть защитную роль.

Соединения ртути высоко токсичны, они поражают нервную систему человека, вызывают изменения слизистой оболочки, нарушения двигательной функции и секреции желудочно-кишечного тракта, изменения в крови и другие. Бактериальные процессы метилирования направлены на образование метилртутных соединений, которые во много раз токсичнее ее минеральных солей. Метилртутные соединения накапливаются в рыбе и могут попадать в организм человека.

Анализ средних за 12 лет наблюдений концентраций выбранных нами 7 тяжелых металлов и мышьяка показал следующее.

В хронологическом ходе средних годовых концентраций тяжелых металлов и мышьяка каких-либо закономерностей выявить не удалось: содержание металлов меняется год от года беспорядочно, не прослеживается и параллелизма в изменении годовых концентраций разных металлов от года к году. Например, в среднем по водности 1995 г. концентрации некоторых металлов (меди, цинка, свинца) оказались максимальными, а другие (хрома, ртути) минимальными.

Чтобы выявить как изменяется содержание тяжелых металлов в воде внутри года, строились хронографы концентраций для среднего по водности 1995 г. по данным отдельных проб, которые отбирались ежемесячно. Оказалось, что внутри года нет никаких закономерностей в изменении концентраций тяжелых металлов: и в межень и в половодье могут отмечаться и максимальные и минимальные величины содержания тяжелых металлов в воде всех рек и каналов в бассейнах Чирчика и Ахангарана.

Обычно для обобщенной оценки качества воды разрабатываются комплексные показатели для установления пригодности водных ресурсов для отдельных видов водопользования или для формирования требований к воде, определяющих экологическое благополучие водного объекта. Иначе говоря, эти разработки направлены на выявление лучших способов задания норм охраны вод.

Чтобы охарактеризовать загрязнение рек ионами тяжелых металлов, мы исходили из предельно допустимых концентраций их (ПДК) для нужд рыбного хозяйства.

Предварительно рассматривались комплексные показатели загрязнения воды, предложенные нашими и зарубежными учеными. Был сделан вывод о том, что для наших условий при сравнительной скудости материалов наиболее информативным для целей оценки качества воды и экологического картирования являются коэффициенты, рассчитываемые по формуле, аналогичной формуле индекса загрязнения воды – ИЗВ.

По аналогии с ИЗВ нами рассчитан комплексный коэффициент загрязнения воды тяжелыми металлами ( $K_{\text{тм}}$ ) для рек и каналов Чирчик-Ахангаранского бассейна 7 металлами и мышьяком по формуле

$$K_{\text{тм}} = \frac{(S_i \div \text{ПДК}_i)}{n},$$

где  $S_i$  – средняя многолетняя концентрация  $i$ -го металла, мкг/дм<sup>3</sup>;

ПДК – предельно допустимая концентрация этого вещества для рыбохозяйственного водопользования;

$n$  – число металлов.

Наименьшим этот коэффициент в бассейне Чирчика оказался для Угама у Ходжикента, а наибольшим для канала Карасу в черте г.Ташкента, а в бассейне Ахангарана наименьший  $K_{\text{тм}}$  получен для Правобережного канала Тюябугузского водохранилища, а наибольший для р.Ахагаран ниже дюкеров Ташканала, т.е. ниже таких промышленных центров, как Алмалык, Ахангаран, Ангрэн.

Чтобы получить представление о распределении загрязнения воды тяжелыми металлами по Ташкентской области, нами была построена карта-диаграмма полученного комплексного коэффициента для Чирчик-Ахангаранского бассейна.

По карте четко видно, что загрязнение тяжелыми металлами в бассейне Ахангарана в полтора (в верховьях реки) – в два раза (в низовьях) ниже, чем в бассейне Чирчика. Это связано не только с антропогенным влиянием, но и высоким геохимическим фоном. Известно, что в южной и восточной части бассейна Чирчика ландшафты обогащены медью, свинцом, цинком, мышьяком и другими металлами.

В бассейне Ахангарана загрязнение вод тяжелыми металлами мало меняется от верховьев бассейна к низовьям; максимальным оно оказалось в р.Ахангаран ниже дюкеров Ташканала и в устье канала Карасу (левобережного). Возможно, сказывается влияние Алмалыкского горно-металлургического комбината на загрязнение вод и почв.

В бассейне Чирчика комплексный коэффициент загрязнения воды тяжелыми металлами меняется от 3,24 (р.Угам) до 12,26 (кан.Карасу) (правобережный) Воды самого Чирчика загрязнены металлами и в верховьях и в низовьях примерно одинаково, а каналы (Карасу правобережный, Салар, протока Калган-Чирчик) содержат ионов тяжелых металлов в 1,5-2 раза больше, чем р.Чирчик. Это, вероятнее всего, связано с выбросом в них промышленных сточных вод Ташкента и Янгиюля.

### **Литература**

1. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Бассейны рек Амударьи и Сырдарьи. – Ташкент, Госкомгидромет. - 1987-1999 гг.
2. Аналитический обзор загрязнения природной среды тяжелыми металлами в фоновых регионах стран-членов СЭВ (1982-1988 гг.). – М.: Гидрометеиздат – 1989.-44с.
3. Распределение подвижных форм тяжелых металлов во взвешенных веществах рек. / Коновалов Г.С., Коренева А.П., Гаранжа А.П., // Гидрохимические материалы, 1991-Т.110. – С.55-65.
4. Зенин А.А., Белоусова Н.В., Гидрохимический словарь – Л.: Гидрометеиздат, 1988.-240 с.

## **ОЧИСТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД КРАСИЛЬНО-ОТДЕЛОЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**К.Д. Тойбаев**

### **Казахская головная архитектурно-строительная академия**

Среди экологических проблем, связанных с предотвращением загрязнения окружающей среды, важное место занимает разработка эффективных методов очистки сточных вод текстильной промышленности от высокотоксичных загрязнителей, таких как органические красители, синтетические поверхностно-активные вещества, отделочные препараты и создание на этих предприятиях систем оборотного водоснабжения. Важность решения этой проблемы обусловлена тем, что при производстве текстильной продукции потребляется большое количество воды на единицу вырабатываемой продукции.

В настоящее время АО "ТК АХБК" работает по прямоточной системе водоснабжения, оборот воды на комбинате отсутствует и тем самым загрязняет окружающую среду более чем 50 видами органических и минеральных соединений.

С начала 90-х годов, в связи с общим экономическим кризисом и спадом промышленного производства в Республике Казахстан, объем водоотведения на красильно-отделочной фабрике комбината резко уменьшился с 10000-11000 м<sup>3</sup>/сут до 2700-3500 м<sup>3</sup>/сут, то есть более чем в 3 раза.

Подверглась значительному изменению номенклатура применяемых на фабрике красителей, текстильно-вспомогательных веществ. Если раньше применялись прямые, кубовые, кубозолевые, активные, сернистые и другие классы красителей, то в настоящее время в основном применяются активные красители и дирезули.

С целью выбора рациональной технологической схемы очистки сточные воды красильно-отделочной фабрики АО "ТК АХБК" с учетом реальных технологических условий производства по характеру загрязнений и их концентрации разделены на два потока: слабозагрязненный и сильнозагрязненный (окрашенный). Кроме того, такое разделение сточных вод возможно при существующей схеме водоотведения фабрики.

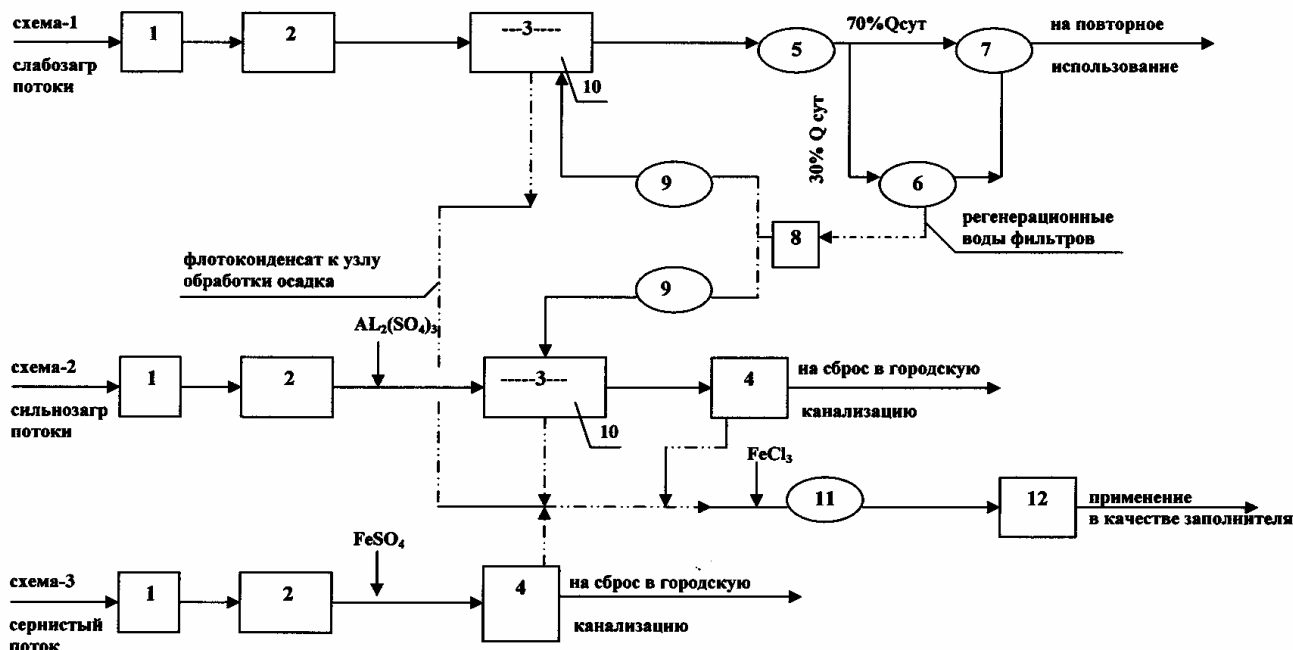
К слабозагрязненным отнесены сточные воды отбелного и отделочного цехов с химическими станциями, с общим расходом сточных вод 376 м<sup>3</sup>/час. К сильнозагрязненным (окрашенным) отнесены сточные воды красильного, печатного цехов и соответствующих химических станций с общим расходом сточных вод около 200 м<sup>3</sup>/час.

Физико-химический состав сточных вод вышеуказанных потоков отделочной фабрики представлен в таблице 1.

Таблица 1

Показатели	Потоки	
	слабозагрязненные	сильнозагрязненные
Взвешенные вещества, мг/л	85-250	160-395
ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	195-520	350-810
Сухой остаток, мг/л	940-2200	2015-3120
СПАВ, мг/л	7,3-37,0	17,5-65,5
Красители, мг/л	-	25-53,4
РН	7-11	5,7-10
Мочевина, мг/л	18-25	30-45

На основании расчетов водного баланса, состава сточных вод и анализа результатов лабораторных исследований, проведенных в АО "ТК АХБК", разработана комплексная технологическая схема очистки и повторного использования слабозагрязненного и сильнозагрязненного потоков сточных вод, которые проверены в опытно-промышленных условиях (рис.) [1].



Технологическая схема очистки сточных вод и обработки осадков красильно-отделочной фабрики АО "ТК АХБК"

1-волоклоуловители, 2-усреднители, 3-напорные флотаторы, 4-тонкослойные отстойники, 5-зернистые фильтры, 6-ионообменные фильтры, 7-смесители, 8-резервуар-накопитель, 9-расходные баки, 10-пенонеимное отделение флотаторов, 11-илоуплотнитель, 12-фильтр-пресс

В предложенной к внедрению технологии очистки и повторного использования сточных вод отделочной фабрики некоторые сооружения в технологической схеме выполняют нижеописанные функции.

Усреднитель. На красильно-отделочной фабрике за счет технологического процесса наблюдается существенное колебание во времени расхода сточных вод и концентраций загрязнений в них. В связи с этим, в схеме очистки предусмотрены усреднители для получения стабилизированных по количеству и составу сточных вод, а также для устойчивой и надежной работы очистных сооружений. Для усреднения слабозагрязненных и сильнозагрязненных (окрашенных) сточных вод фабрики рекомендуются усреднители с пневматическим перемешиванием.



Напорная флотация. Она применяется в схеме очистки для извлечения диспергированных, коллоидных и растворенных загрязнений. Безреагентная и реагентная напорные флотации применяются для очистки слабозагрязненных и сильнозагрязненных сточных вод от СПАВ, красителей и взвешенных веществ.

Зернистые фильтры. Они применяются в схеме очистки для доочистки сточных вод от взвешенных веществ. В качестве фильтрующего материала для загрузки фильтров использовали керамзит Алматинского домостроительного комбината и местный карьерный песок.

Применение в схеме очистки тонкослойных отстойников обеспечивает следующие преимущества: сокращается продолжительность отстаивания сточных вод до 15-20 мин.; уменьшаются габариты отстойников в 3-5 раз по сравнению с габаритами отстойников других типов и их можно размещать в закрытых помещениях.

Ионный обмен позволяет снизить концентрацию растворенных минеральных и ионизированных органических загрязнений. Преимуществом ионного обмена перед другими методами доочистки является возможность обесцвечивания сточных вод, удаление значительной части остаточных синтетических поверхностно-активных веществ и снижение солесодержания очищенных сточных вод, что важно при их повторном использовании в технологических процессах.

Эффективность работы отдельных сооружений технологической схемы очистки сточных вод слабозагрязненных и сильнозагрязненных потоков приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование сооружений	Взвешенные вещества		ХПК		Красители		СПАВ	
	мг/л	%	мгО <sub>2</sub> /л	%	мг/л	%	мг/л	%
Слабозагрязненный поток								
Усреднитель	161	-	350	-	2,60	-	13,5	-
Напорный флотатор	59,5	63	не определялось	-	1,58	39	4,25	68,5
Зернистый фильтр (двухслойный)	8	95	262,5	25	1,06	59	не определялось	-
Ионообменный фильтр (30% суточного расхода)	2,40	98,5	35	90	следы	-	0,67	95
Сильнозагрязненный (окрашенный) поток								
Усреднитель	355	-	702	-	351	-	40,5	-
Реагентный напорный флотатор	95,85	73	378,4	46,1	9,75	72,2	13,77	66
Тонкослойный отстойник	74,55	79,0	372,0	47	8,77	75	13,4	67

Известно, что при повторном использовании очищенных сточных вод концентрация загрязняющих примесей в повторно используемой воде будет возрастать от цикла к циклу, вследствие поступления в каждом цикле новых загрязнений по ходу технологического процесса. Поэтому в целях поддержания оптимального солевого состава и улучшения качества оборотных вод 30-50% суточного расхода слабозагрязненных сточных вод в качестве продувочных вод направляется на ионообменный фильтр. Исследованиями установлено, что именно доочистка 30-50% суточного расхода слабозагрязненных сточных вод на ионообменном фильтре и смешение с фильтрованной на зернистом фильтре водой обеспечивает требуемое качество оборотной воды.

В процессе очистки сточных вод отделочной фабрики объемы образующихся флотошамов составили (в % от объема очищаемой воды) при напорной флотации слабозагрязненных сточных вод 2,5-2,8%; при реагентной напорной флотации сильнозагрязненных сточных вод - 3,3-3,8%. Флотошам имел исходную влажность 98,2-99,4% [2]. В АО "ТК АХБК" для обработки флотошлама принят наиболее перспективный в настоящее время метод механического обезвоживания на фильтр-прессах с реагентным кондиционированием хлорным железом и известью. Рекомендуемые дозы реагентов в процентах от массы сухого вещества флотошлама (осадка) составляют 3-5% хлорного железа и 10-20% извести. Реагенты дозируются в виде 10%-ной крепости. Кек, полученный после обезвоживания осадка на фильтр-прессах, можно использовать в качестве заполнителя при производстве строительных материалов.

При очистке сточных вод не всегда удается подобрать такой режим, который обеспечивал бы одновременно высокую эффективность напорной флотации и получение легкоразрушающейся пены. В связи с этим прибегают к специальным способам разрушения пены (применяются различные кислоты, сульфат железа и др.). Однако эти способы дорогие, кроме того, тратятся дефицитные реагенты. В настоящее время основным приемом пеногашения является применение сильной струи воды. Однако это вызывает чрезмерное обводнение флотоконденсата и значительное увеличение объема обрабатываемого флотоконденсата, что нежелательно. В разработанной технологической схеме очистки предусмотрено гашение пены регенерационными водами (элюатами) ионообменного фильтра, которые сбрасывались ранее после нейтрализации известью в городскую систему водоотведения.

В разработанной нами комплексной схеме очистки предлагается использовать повторно в технологическом процессе красильно-отделочной фабрики АО "ТК АХБК" только очищенные слабозагрязненные сточные воды, а сильнозагрязненные сточные воды после предварительной очистки рекомендуется сбрасывать в городскую систему водоотведения из-за высокой себестоимости их доочистки.

Кроме того, нами совместно с технологической лабораторией отделочной фабрики проведены производственные испытания по выяснению возможности повторного использования очищенных сточных вод на процессах промывки, крашения и отделки тканей. На основании полученных качественных показателей тканей разработаны требования к качеству оборотной воды (табл. 3).

Таблица 3

Показатели	Допустимые концентрации загрязнения в оборотной воде	
	Для промывок	Для приготовления красильных растворов и крашения
Взвешенные вещества, мг/л	≤30	≤8,0
РН	6,5-8,5	6,5-8,5
Сухой остаток, мг/л В том числе прокаленный остаток	≤4000 ≤3500	≤1500 ≤1200
СПАВ, мг/л	≤15-20	≤2,0
Красители (по разведению)	1:5	1:1
Жесткость общая, мгэкв/л	≤8,0	≤3,0
ХПК, мг/л	≤200	≤150
Прозрачность по шрифту, см	25	25
Ионы железа, мг/л	До 0,1	До 0,1
Ионы алюминия, мг/л	До 0,5	До 0,5

Предложенная к внедрению комплексная технологическая схема очистки и повторного использования очищенных сточных вод отделочной фабрики АО "ТК АХБК" обеспечивает создание 50-70% водооборота на предприятии в зависимости от требований к качеству повторно используемой в технологическом процессе воды. Объем водооборота уточняется в период пусконаладочных работ.

### Литература

1. Тойбаев К.Д., Мырзахметов М., Елагин В.С., Ветлугин В.Н. Комплексный способ очистки сточных вод красильно-отделочных производств. А.С. СССР №1579909, 1990 г.
2. Тойбаев К.Д. Рациональные системы повторно-оборотного водоснабжения текстильных предприятий. Алматы: 1997, 136 с.

## УПРАВЛЕНИЕ ВОДОПОДАЧЕЙ КАК СРЕДСТВОМ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО ВОДНО-СОЛЕВОГО БАЛАНСА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ НАПОРНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Х.И. Якубов\*, П.Д. Умаров\*, Т.У. Бекмуратов\*\*

\*Научно-информационный центр МКВК, \*\*САНИИРИ им. В.Д. Журина

Дренажный пилотный участок расположен в восточной части Центральной Ферганы (южная зона Ферганской котловины) на землях фермерского хозяйства имени Азизбекова Ахунбабаевского района. Площадь пилотного участка составляет 160, а коэффициент земельного использования 0,98 (98 %). Границы участка на юге востоке – коллектор отсечный на юге-западе – коллектор Пограничный, на северо-востоке – открытая дрена – собиратель и на северо-западе – Среднекзылтюбинский (рис. 1). Полевая дренажная система состоит из глубоких закрытых дрен Д-1<sup>А</sup>, Д-1, Д-2 и Д-3 и из 3 более мелких дрен с использованием пластмассовых труб диаметром 110 мм, уложенных на глубине от 2,2 в начальной части их заложения до 2,4 м в устьях. Дрены Д-1<sup>А</sup>, Д-1, Д-2 и Д-3 построены из асбестоцементных труб с песчано-гравелистой обсыпкой с ручной их укладкой в траншеи со следующими их параметрами

Указанные дрена построены в 1959-1960 гг. и они впадают в Среднекзылтюбинский коллектор, имеющий глубину заложения – 3,5-3,7 м. Однако коллектор подвержен заилению и зарастанию и он служит больше всего отводу сбросных вод. Пограничный, отсечный и открытая дрена – собиратель, проходящая на северо-востоке также выполняет роль отводящего тракта сбросных вод и они практически круглый год переполнены.

В гидрологическом отношении дренажный участок находится в зоне разгрузки подземных вод. По данным САНИИРИ подземный приток со стороны в районе расположения системы составляет 3,0-4,0 тыс.м<sup>3</sup>/га и поэтому пьезометрический напор подземных вод, приуроченных в более глубокие водонесные слои – глубина 100 м круглый год устанавливается на 20-70 см выше уровня грунтовых вод.

Литологическое строение пилотного участка представлено переслаивающимися отложениями грунтов, различного механического состава на большую глубину. Верхняя толща покровных мелкоземов отличаются неоднородно-слоистым строением, пылеватостью, наличием на глубине 0,7-1,2 м уплотненных обильно гипсированных слабопроницаемых прослоек, замедляющих процесс передвижения влаги, а их средний коэффициент фильтрации изменяется от 0,2 до 2,0 м/сут.

До строительства системы закрытого дренажа уровень грунтовых вод залегал на орошаемых землях на глубине 1,2-1,6 м (с общей минерализацией 7-9 г/л), а на не орошаемых – 2,5-2,8 м (с минерализацией 20-22 г/л), что определяет интенсивность соленакопления в зоне аэрации. Содержание солей в метровом слое в исходном состоянии составляло 2,5-3,0 %, местами до 5 % от веса сухой почвы, в том числе хлора 0,03-0,08 %. Тип засоления почво-грунтов и грунтовых вод – сульфатный.

Система закрытого дренажа введена в эксплуатацию со второй половины 1960 года. Среднегодовая водоподача на орошаемые земли с 1961 по 1975 гг изменялись в пределах 13-15 тыс м<sup>3</sup>/га, а дренажные модули – 0,22-0,36 л/сек с га, против 0,17 л/га по проекту. В этот период дренажные линии работают в полном сечении в напорном режиме по всей длине. Нависание УГВ над трубой по длине дрен изменялось от 0,5 до 1,4 м, увеличиваясь к их устьям.

В результате высокой работоспособности построенных дрен и соблюдения требования промывного режима орошения к концу 1964-1965 г на пилотном участке было достигнуто определенное улучшение водно-солевого режима:

- почвогрунты опреснились до уровня 1,2-1,4 % от веса сухого грунта по сумме солей,
- минерализация грунтовых вод снизилась до 3,5-5 г/л, против 5,5-10 г/л в исходном состоянии,
- урожайность основных культур хлопчатника повысилась до 25-27 ц/га, против исходного 12-18 ц/га.



В дальнейшем на пилотном участке наблюдалось улучшение водно-солевых режимов в сторону их улучшения и к концу семидесятых годов они практически стабилизировались с определенным диапазоном изменений по периодам года в зависимости от водопоступления на территории.

Начало исследований по проекту “Коперникус” совпало с периодом практически “полной” стабилизации водно-солевых процессов на фоне закрытого дренажа, которые характеризуются установившимися режимами водоподачи, дренажного водно-солевого стока, грунтовых вод и их минерализации, выносом солей с определенным варьированием темпов рассоления внутри года).

Общая площадь пилотного хозяйства составляет 160 га и она состоит из 16 картовых полей орошения с площадью каждого от 8 до 10 га, в среднем – 10 га. При этом на шести картах (полях – на 1, 10-14) с площадью около 60 га осуществлялся посев хлопчатника на 10 полях (2-9, 15 и 16) с площадью около 100 га озимой пшеницы.

Полив на хлопковых полях проводился по бороздам, а пшеницы по полосам. На карте 1 хлопчатник поливался за вегетацию 6 раз, а остальных полей 5 раз. Поливные нормы хлопчатника изменяются от 1140 м<sup>3</sup>/га (минимальное значение) до 1410 м<sup>3</sup>/га (максимум), а оросительные нормы в пределах 5906 м<sup>3</sup>/га до 7283 м<sup>3</sup>/га (нетто). Озимая пшеница за 2001 год поливалась 1 или 2 поливами с нормами 522 (карта № 7) до 1216 м<sup>3</sup>/га (карта 6 и 8). Оросительные нормы составили от 522-1260 до 2510 м<sup>3</sup>/га

На пилотном участке из 10 полей пшеницы после их уборки только на полях 3, 5 и 9 осуществлялись повторные посевы кукурузы, остальные остались как поле испаритель. На 2 полях (3 и 5) до посева проводился влагозарядковый полив нормами 824 и 965 м<sup>3</sup>/га. Поливные нормы посева кукурузы изменялись в пределах от 1036 м<sup>3</sup>/га до 1550 м<sup>3</sup>/га, а оросительные – 2306 – 2657 м<sup>3</sup>/га.

В период проведения поливов всех видов сельхозкультур, поливы осуществлялись со сбросами в конце поливного участка. Величины сброса изменялись в пределах 125 – 267 м<sup>3</sup>/га (10-12 % от оросительных норм).

При выше описанных распределениях сельхозкультур по площади, удельных водоподачах и поступлениях на поля атмосферных осадков в течение апреля 2001 года по апрель 2002 года, общий водный баланс территории складывался в следующем порядке:

- Сумма приходных статей баланса составила 15430 м<sup>3</sup>/га, из которых на долю водоподачи приходится 8647 м<sup>3</sup>/га, в том числе 6700 м<sup>3</sup>/га и межвегетационного периода - 1947 м<sup>3</sup>/га (77,5 %). Величина подземного притока достигает 4796 м<sup>3</sup>/га, а атмосферных осадков 1987 м<sup>3</sup>/га.
- Сумма расходных статей баланса составила 15634 м<sup>3</sup>/га. Невязка баланса равна 948 м<sup>3</sup>/га. В расходной части общего баланса суммарное испарение (эвапотранспирация) достигает 8818 м<sup>3</sup>/га (56,4 %), из которых 7797 м<sup>3</sup>/га приходится на долю вегетационного периода. Эвапотранспирация за вегетацию рассчитана по данным испаряемости Ферганской метеостанции через коэффициент эквивалентной культуры. Величина дренажного стока равна – 3594 м<sup>3</sup>/га (1436 м<sup>3</sup>/га за невегетацию), а подземного оттока – 1493 м<sup>3</sup>/га. Разность между притоком и оттоком составляет 3003 м<sup>3</sup>/га

При таких раскладках общего водного баланса, баланс почвенных вод сложился положительно, который представлен данными таблицы 1.

Таблица 1

Баланс почвенных вод по территории опытного участка хозяйства Азизбекова Ахунбабаевского района Ферганской области, в м<sup>3</sup>/га. Площадь – 160 га

(КПД=0,85 Мн=0,08)

Месяцы	A	Op	-Wn	приход	И+Гр	Wn	расход	±q
4.01	100	641	0	741	531	660	1191	451
5.01	34	608	0	642	1233	1120	2353	1712
6.01	150	910	510	1570	1844	0	1844	274
7.01	103	1349	530	1982	2052	0	2052	71
8.01	100	975	980	2055	1296	0	1296	-756
9.01	70	544	0	614	841	100	941	327
10.01	160	653	562	1375	614	0	614	-761
11.01	83	229	0	312	176	1002	1178	866
12.01	457	0	0	457	70	1210	1280	823
1.02	365	0	0	365	59	250	309	-56
2.02	262	579	660	1501	102	0	102	-1399
3.02	103	707	792	1602	186	0	186	-1416
За вегетац.	557	5025	2020	7802	7797	1880	9677	2075
Невегетац	1430	2167,25	2014	5611,25	1207	2462	3669	-1942,3
За год	1987	7192	4034	13213	9004	4342	13346	133

По данным таблицы видно, что за вегетационный период идет подпитка (приток) грунтовых вод в зону аэрации, величина которой в среднем по территории составляет в порядке- 2075 м<sup>3</sup>/га, невегетационный период отток (переток) из зоны аэрации в грунтовые воды в размере 1942 м<sup>3</sup>/га, а в годовом разрезе формировался положительный водный баланс с притоком ненасыщенной зоны – 133 м<sup>3</sup>/га.

Несколько по другому складывается водный баланс орошаемого поля под хлопчатником, где водопоступление на 30 % больше, чем по сравнению с таковыми на территории. Здесь водный баланс в годовом разрезе отрицательный (-3415 м<sup>3</sup>/га.) и только в мае и августе месяцах положительный – 1023 и 1130 м<sup>3</sup>/га соответственно по указанным месяцам (табл. 2).

Таблица 2

Баланс почвенных вод по демонстрационному полю К-13 2001-2002 гг. территории опытного участка хозяйства А.Ниязова Ахунбабаевского района Ферганской области, площадью 10 га при КПД=1

месяцы	A	Op	-Wn	приход	И+Гр	Wn	расход	±q
4.01	100	0	880	980	531	0	531	-449
5.01	34	0	176	210	1233	0	1233	1023
6.01	150	2838	0	2988	1844	880	2724	-264
7.01	103	2439	132	2674	2052	0	2052	-622
8.01	100	1122	0	1222	1296	1056	2352	1130
9.01	70	0	836	906	841	0	841	-65
10.01	160	1625	0	1785	614	1144	1758	-27
11.01	83	0	946	1029	176	0	176	-853
12.01	457	0	880	1337	70	0	70	-1267
1.02	365	0	528	893	59	0	59	-834
2.02	262	1187	0	1449	102	1056	1158	-291
3.02	103	1299	0	1402	187	506	506	-896
Итого	1987	10510	4378	16875	8818	4642	13460	-3415

Солевой баланс территории хозяйства в целом и орошаемого поля под хлопком (поле 13) складывается в соответствие с их водным балансом:

Солевой баланс территории в годовом разрезе сложился отрицательно с незначительным выносом солей 4,4 тн/га, а в вегетацию наблюдается их накопление в зоне аэрации до 15,4 тн/га. Рассоление почво-грунтов зоны аэрации обеспечивается в зимне-весенний период за счет промывных влагозарядковых поливов и осадков. За счет невегетационных поливов и осадков межвегетационный вынос солей достигает до 20,3 тн/га. Аналогичная картина складывается и на поле под хлопчатником К-83. Здесь темп выноса, как в годовом разрезе, так и межвегетацию несколько больше и соответственно составляет 8,31 тн/га и 24,31 тн/га, а в летние месяцы идет процесс накопления солей до 15-16 тн/га. Несколько усиленный темп выноса объясняется большим размером водоподачи на поле по сравнению с таковой на общей территории и, особенно, в межвегетационный период. Результаты солевого баланса хлопкового поля показывают возможность сократить размеры водоподачи в невегетационный период без особого ущерба на процессы рассоления почвогрунтов на 40-50 %, т.е. в местах эксплуатационной промывки нормой 2,0-2,5 тыс. м<sup>3</sup>/га ограничится влагозарядковым поливом 1000-1200 м<sup>3</sup>/га. Обычно направленность общего и частных водно-солевых балансов дренированных орошаемых земель определяется водопоступлением на территорию и поливные участки. В соответствии с этим водно-солевые балансы поля и зоны аэрации поливных участков совмещенного посева (пшеницы с кукурузой) формируются идентично с таковыми хлопкового посева. В то же время водно-солевые балансы полей пшеницы, оставленных после их уборки, как в виде “чистого пара” складываются несколько по-другому, что иллюстрируется данными рис. 2 и 3. Так водно-солевые балансы по поливному участку К-5 совмещенного посева сложились по отрицательному типу с оттоком воды порядка 911 м<sup>3</sup>/га, а солей 10,17 т/га в год, тогда как “К-2” посева только пшеницы – положительно с накоплением солей – 11,66 т/га в год (рис. 3). Между тем указанная интенсивность накопления солей в зоне аэрации складывалась при минерализации поливной воды 0,35-0,4 г/л, а грунтовых вод – 2,8-3,6 г/л.

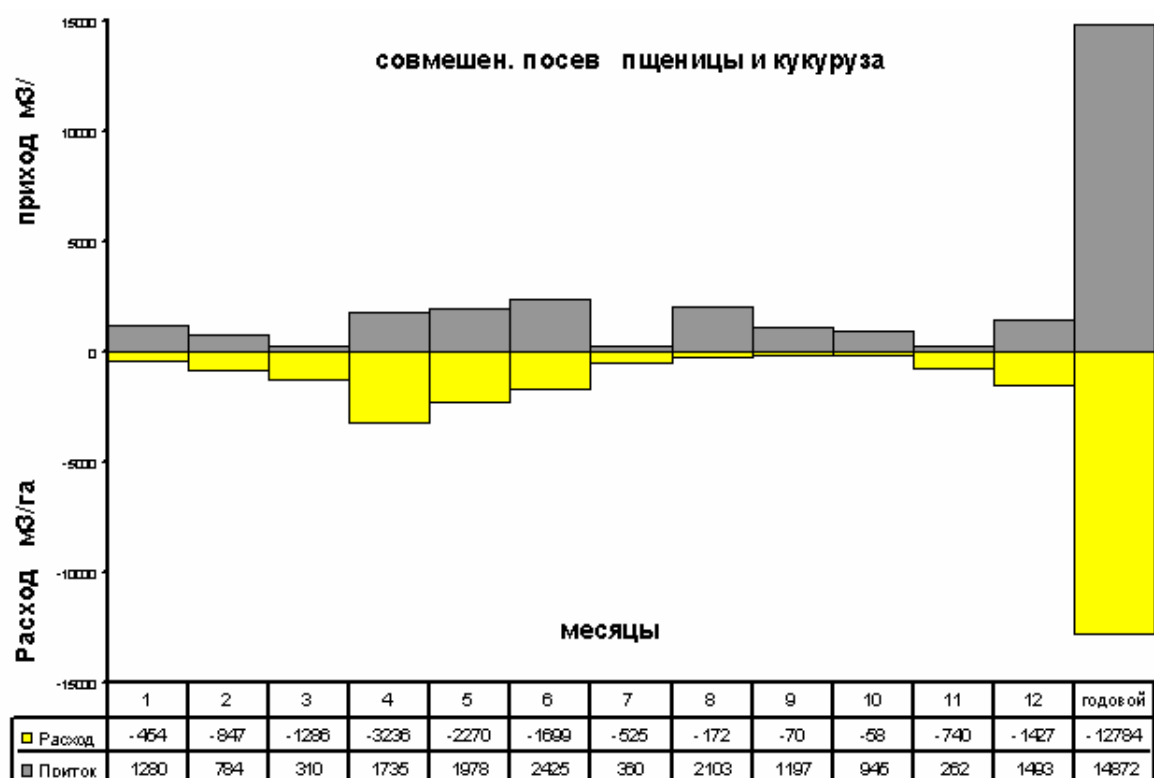
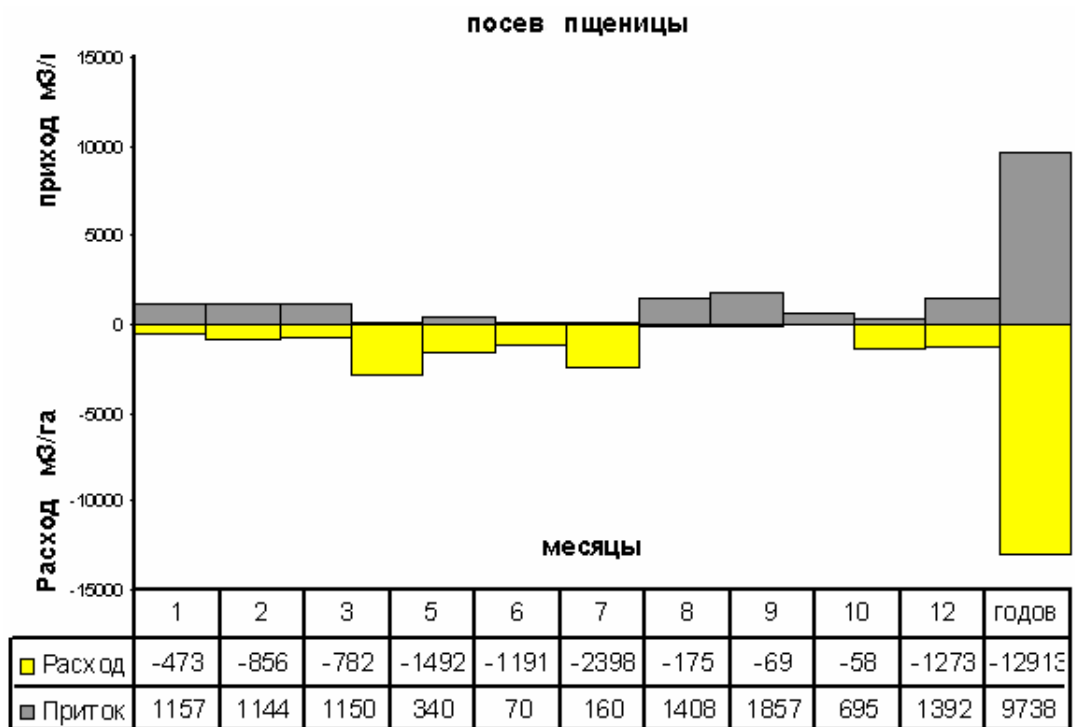


Рис. 2  
Динамика приходной и расходной статей баланса зоны аэрации на поле К-2 ф/х Азизбек

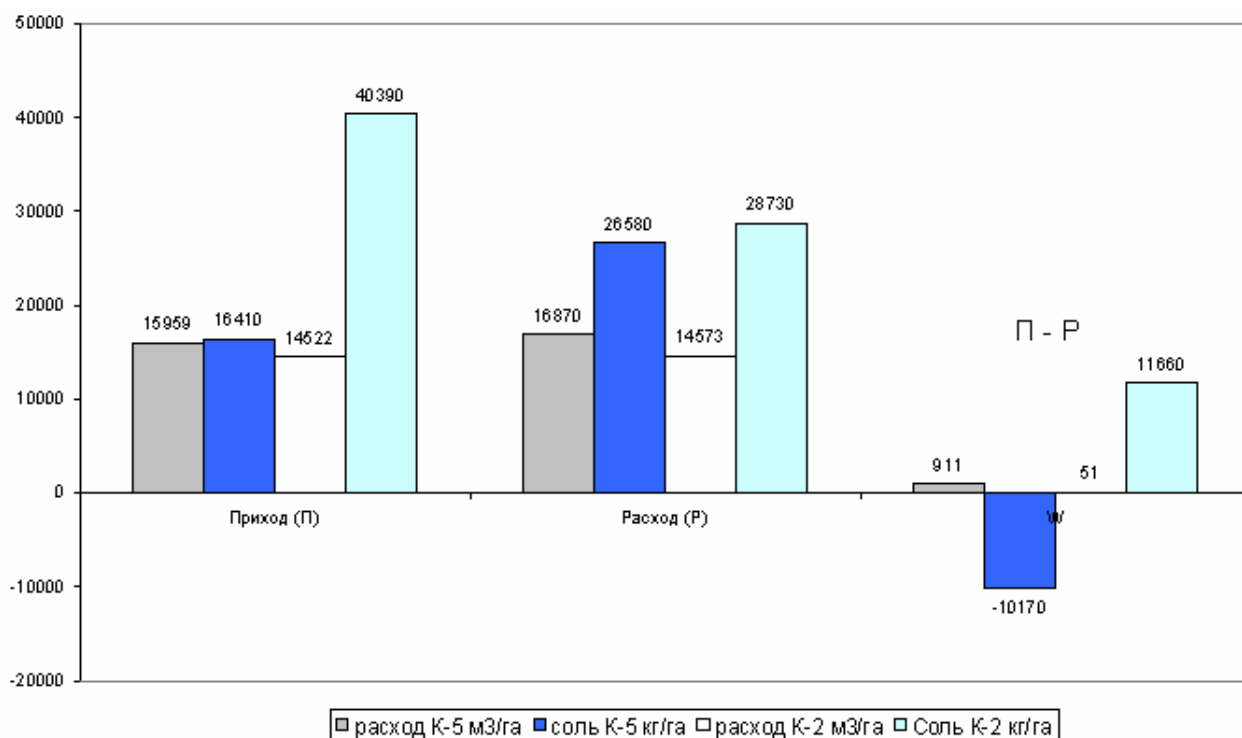


Рис. 3  
Динамика элементов общего водно-солевого баланса по полям К-2 и К-5 ф/х Азизбек

Следует отметить, что по такому типу сложился водно-солевой баланс зоны аэрации поливных участков “К-5” и “К-2”. На поливном участке К-5 формировался отрицательный водный баланс зоны аэрации с инфильтрацией поливных вод в грунтовые воды “q” – в размере – 2088 м3/га в год. На поливном участке К-2 баланс сложился положительно с притоком воды из грунтовых вод в зону аэрации в объеме – 3175 м3/га (рис.4). Анализ инфильтрации по балансам показывает, что водно-солевые балансы отдельных поливных участков складывается по разному несмотря на идентичную дренарованность, даже при ограниченной по площади небольшого хозяйства – всего 160 га. На территории фермерского хозяйства Азизбекова на более половины площади орошаемых земель под посевом пшеницы без повторного сложился положительный солевой режим, хотя территория в целом высоко дренарована и закрытый дренаж здесь работает более 40 лет. С другой стороны приведенные данные свидетельствуют, что на засоленных землях, чтобы не допустить реставрации засоления, необходимо удовлетворить требования промывного режима орошения даже на хорошо дренарованной территории с длительной продолжительностью работы дренажа

Средне-годовой дренажный модуль по пилотному участку в 2001 гидрологическом году составил 0,1 л/сек/га, изменяясь от 0,075 до 0,13 л/сек.га во внутригодовом разрезе максимальная величина соответствует вегетационному периоду и влагозарядковым поливам. Дренажный модуль на современном уровне 2,0-2,5 раза меньше, чем таковой в 1962 – 1964 гг, что связано с упорядочением водопдачи ( в основном за счет снижения нормы промывок и перехода на влагозарядковые поливы взамен промывок.

Расходы дрен колеблются в широких пределах как во внутригодовом, так и внутримесячном разрезе. Максимальные расходы наблюдаются по закрытой дрене УД-2, где он изменяется в пределах от 3,1-5,25 л/сек до 8,5-12,5 л/сек, максимальное значение которых приходится на вегетационный, а минимальное на осенне-зимний период года. Минимальные расходы дрен формируются по дренам В-1 из гофрированных пластмассовых труб, заложенных на глубине –2,4 м и “У-1а” длиной 800 м (асбестоцементных труб) глубиной в устье – 3,2 м. Расходы этих дрен изменяются в пределах 0,8-1,5 л/сек (осенне-зимний период) до 3,0-6,5 л/сек. В осенние периоды года в дрене В-1 из пластмассовых труб приток прекращается из-за глубокого залегания УГВ ( $h \leq 2.3-2.4$  м) несмотря на усиленную работу дренажа в период полива общее направление потока грунтовых вод формируется в сторону Средне-Кзылского коллектора.

На участке формируются испарительно-ирригационно-дренажный тип режима грунтовых вод с определенным значением подземного притока. Уровни и режим грунтовых вод на участке во внутри-



годовом разрезе стабилизировались в определенном диапазоне по периодам в зависимости от режима работы оросительных систем и водопоступления на территорию. Глубокое залегание уровня грунтовых вод приходится по среднемесячному его значению на зимний период (декабрь, январь и февраль месяцы –  $h=2,25-2,50$  м, когда ирригационная система либо не работает, либо проводится только полив озимой пшеницы. Начиная с февраля, идет медленный подъем грунтовых вод, связанный с проведением промывок и влагозарядковых поливов под посев хлопчатника и других культур. Вегетационный период (апрель-июнь) среднемесячный уровень грунтовых вод колеблется от 2,04 до 2,24 м (табл. 3).

Таблица 3  
Изменение уровня грунтовых вод на полях с различными сельхозкультурами

Месяцы	Пределы изменения УГВ на полях, м.		Среднемесячные УГВ, по участку
	Хлопковые поля	Поля под пшеницей	
Апрель 2001 г	1,5-2,35	1,7-2,2	2,0
май	2,13-2,54	1,75-2,37	2,24
июнь	1,51-2,33	2,23-2,57	2,27
июль	1,98-2,22	1,9-2,37	2,04
август	1,38-1,87	1,28 <sup>x</sup> -2,15	1,68
сентябрь	1,06-2,10	1,06 <sup>x</sup> -2,07	1,56
октябрь	1,38-1,68	1,1 <sup>x</sup> -1,98	1,45
ноябрь	1,53-2,03	1,92-2,08	1,88
декабрь	2,28-2,42	2,36-2,45	2,35
Январь 2002	2,53-2,68		2,59
февраль	1,6-2,44		2,2
март	1,6-2,3		1,84

Минимальные и максимальные значения УГВ на полях под посевами хлопчатника и пшеницы объясняются их расположением относительно дрен и среднетепинскому коллектору: на картах расположенных вблизи дрен, уровень на 0,25-0,4 ниже, чем в междреньях.

Полив сельхозкультур сильно влияет на изменение режима грунтовых вод, поднимая их уровень на следующий день после его начала, а иногда в тот же день (таблица 4). При этом величина подъема УГВ после полива изменяется в зависимости от нормы полива от 0,79 до 0,89 м (табл. 4).

Время подъема на хлопковом поле № 13, расположенном вблизи хорошо работающей дрены У-2 изменяется от 2 до 5 дней, а спада до исходной величины от 5 до 11 дней, т.е. скорость сработки в 2 раза меньше чем скорость подъема. На полях расположенных в междреньях время запаздывания сработки еще больше, т.е. процесс сработки протекает медленнее. Каждый полив вносит определенную неравномерность залегания УГВ на полях и тем самым неравномерности увлажнения почв. При этом в цикле проведения поливов каждое поле проходит через эти неравномерности. Интенсивность неравномерности и их сглаживание зависит от нормы и частоты поливов, а также расположения полей относительно дрен, на карте вблизи дрен она больше чем в междреньях (рис. 1).

Неравномерность уровня грунтовых вод и влагозапасов по площадям хозяйства после водоподачи на поля на фоне систематического дренажа больше всего проявляется на хлопковых полях нежели чем зерновых, что связано с нормами и сроками (продолжительностью) проведения поливов. Поливные нормы хлопчатника в среднем на 15-20 % больше, чем зерновых и колеблются в пределах 1100-1470 м<sup>3</sup>/га. По срокам полив зерновых проводятся в апреле, мае и частично в начале июня, а хлопчатника – июнь-август месяцы. Из 10 полей зерновых, только №№ 3, 5 и 9 засеяны повторной культурой – кукурузой на силос. Поскольку основной причиной резкого подъема УГВ является инфильтрационное питание, формируемое в период проведения промывок и поливов, то мерами снижения неравномерности влагозапасов должно быть управление глубинными сбросами на полях, что достигается правильными подбором элементов техники полива и, главным образом, снижением поливных норм, а также планировкой поверхности полей.



Минерализация грунтовых вод на пилотном участке повсеместно стабилизировалась на уровне 3,0-3,8 г/л по сумме солей и 0,06-0,1 г/л по хлору, против 5,8-10 г/л в исходном положении. По химическому составу грунтовые воды относятся к сульфатному типу. Общая минерализация грунтовых вод по периодам года изменяется незначительно: превышение составляет +0,2-0,5 г/л.

Минерализация оросительной воды колеблется от 0,37-0,47 г/л. Из-за очень слабой минерализации грунтовых и подаваемой на поля оросительной воды при промывном режиме орошения в почвогрунтах не наблюдается реставрации засоления: солесодержание в корневом слое (0-1,5 м) изменяется от 0,9-1,1 % от веса сухой почвы по сумме солей, тогда как в исходном состоянии оно превышало 3,0-3,5 %, а местами достигало 4,5-5,0 %. (рис. 4).

Таким образом, результаты исследования работ дренажа по проекту “Коперникус” показывают возможность перевода систем управления водно-солевого режима орошаемых земель более жесткой водоподачи межвегетационного периода, если территория обеспечена хорошо работающим дренажем со среднегодовым модулем 0,1 л/сек/га. При этом посевы зерновых обязательно должны совмещаться с таковыми других культур, что дает возможность ликвидировать реставрацию засоления при относительно близком залегании уровня грунтовых – до 2,5 м.

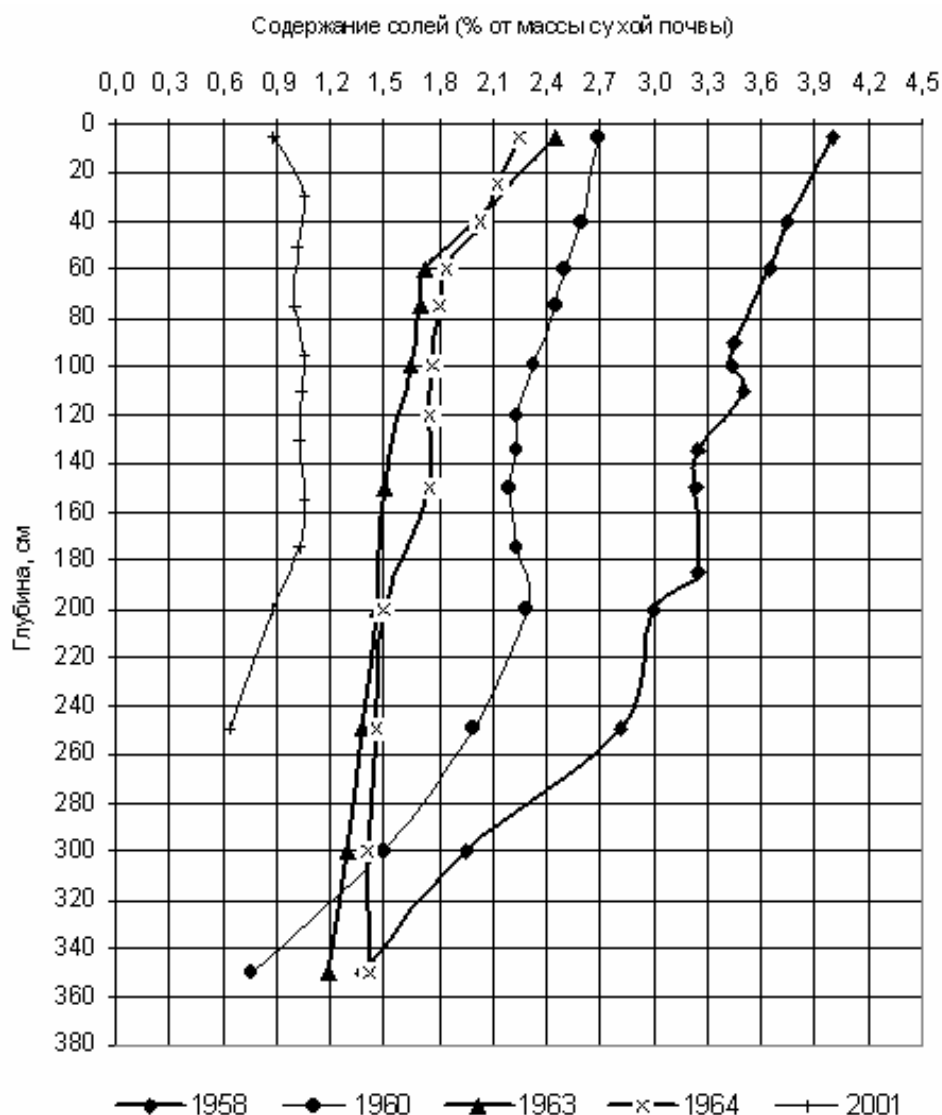


Рис. 4  
Изменение содержания солей в почвогрунтах

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЦИКЛИЧНОСТИ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

М.К. Джураев, Е. Шерматов

Институт водных проблем Академии наук Республики Узбекистан

Известно, что циклы природных процессов оказывают определенное влияние на жизнедеятельность человечества. Многие животные и растения запечатлевают их в структуре своих тканей. Например, годовые кольца роста у деревьев, ежегодные полосы нарастания на раковинах моллюсков, следы трехлетних периодов солнечной активности на чешуе некоторых рыб. Если взглянуть на скелет карбонатных водорослей, живших в прошлые периоды, можно проследить четкую цикличность длительностью от трех до одиннадцати лет. Сутки – это простейшее чередование дня и ночи, заставляющее пульсировать водные потоки, которые в свою очередь переносят и накапливают минеральные частицы, а также ионы солей.

В тоже время надо отметить, что изменение ряда физиологических явлений, таких как скорость химических, а следовательно физиологических реакций зависит от количества притекающей лучистой энергии. Ускорение физиологических реакций неразрывно связано с ассимиляцией питательных веществ у животных и растений, усилением деятельности кожных покровов и усилением деятельности желез внутренней секреции обуславливающих деятельность психики и т.д. С уменьшением количества лучистой энергии наблюдается сокращение всех этих явлений. Деятельность растительного и животного мира увеличивается.

Известны многие публикации, где многие физические явления на Земле поставлены в причинную зависимость от степени энергетической активности Солнца, например:

1. Напряженность земного магнетизма. Магнитные бури (Lamont 1850; Sabin, Catur, Wolf, 1852).
2. Количество ультрафиолетовой радиации (Dobson, 1924; Pettit).
3. Количество радиоактивной эманации в воздухе (Bongards, 1923).
4. Колебания напряженности атмосферного электричества (Wisliscinus, 1872; Chree, Bauer).
5. Количество озона в воздухе (Moffat, 1876; Dobson, Harrison, Lowrens).
6. Количество тепловой радиации (инсоляция) (Савельев, 1884, 1905-1920).
7. Температура воздуха у поверхности Земли и воды морей (Gautier, 1844; Koppen, Frohlich, Flamarion, Ricco, Nordmann, Langley, M.Dowal, Meisner Mielke, Terada и др.).
8. Давление воздуха (Broun, Archibald, Lokyer, Walker, Clayton, Федоров и др.).
9. Количество осадков ( Meldrun, Lockyer, Symons, Archibald, Hikk, Kasner, Huntington, Moreux, Шостакович и др.).
10. Колебание климата (Huntington, Arctowsky). Возмущения климата (М. Боголепов).

Вся земная жизнь и ее репродукция - есть превращенная энергия солнечного излучения. Применение солнечно-земных связей в последние годы привлекает к себе большой интерес и стоит в центре внимания многих ученых ряда специальностей таких как: медицина, биология, метеорология, климатология, орошаемое земледелие (мелиорация).

О наличии одиннадцатилетнего цикла в режиме уровня грунтовых вод основных месторождений Узбекистана писал член-корреспондент Академии наук Республики Н.А. Кенесарин. Максимум в многолетнем режиме грунтовых вод совпадает с периодом максимума солнечной активности. Продолжительность между максимумом и минимумом составляет порядка 5,5 лет. Следует отметить, что в период максимума в одиннадцатилетнем цикле режима грунтовых вод наблюдается процесс соле-накопления в почвогрунтах, а в период минимума - природный процесс рассоления почвогрунтов. Исходя из этой закономерности и на основе анализа многолетних фондовых рядов наблюдений (табл. 1) найдена следующая эмпирическая зависимость:

$$S_{\text{общ}}=37,7599\exp[(-0.00308)W] + 21.1537\exp[(-0.00427)W] + 6.01337\exp[(-0.0045)W]\% \quad (1)$$

где  $S_{\text{общ}}$  – процент мелиоративно-неблагополучных земель по степени засоления;  
 $\exp$  – основание натурального логарифма;  
 $W$  - среднегодовые значения солнечных пятен.

Таблица 1

Мелиоративное состояние земель по степени засоления  
(тыс. га / % от общей орошаемой площади) в Республике Узбекистан

Год	Орошаемая площадь	Мелиоративно неблагополучные земли	В том числе		
			Слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные
1960	2498,0	1287,5	893,2	338,8	55,5
		51,5	35,0	13,6	2,2
1970	2650,4	1040,4	660,8	269,7	109,9
		39,3	25,0	10,2	4,1
1980	3400,0	970,0	610,0	280,0	80,0
		32,3	20,3	9,3	2,7
2000	4273,7	2140,5	836,9	1074,5	229,1
		50,1	19,6	25,1	5,4

Физическая интерпретация формулы (1) говорит о наличии циклической изменчивости объема мелиоративно-неблагополучных (засоленных) орошаемых земель в Республике Узбекистан. Этот пример убедительно указывает на наличие объективной физической закономерности засоления и расчленения орошаемых земель в одиннадцатилетнем цикле энергетической активности Солнца. Для детальной проверки справедливости такой закономерности нами выбран объект исследования - гидрометеорологическая станция Фергана, где проанализирована величина испарения с водной поверхности за период вегетации сельскохозяйственных культур и ее зависимость от солнечной активности солнца. Испарение с водной поверхности – это наиболее трудно учитываемый компонент водного баланса и является по существу главной расходной статьей водного баланса. В практике расчеты испарения выполняются на основе фактических наблюдений и все рекомендованные формулы для расчета найдены эмпирическим путем, т.е. методом математической обработки многолетних рядов измерения.

В литературе известны ранее рекомендованные формулы для оценки испарения с водной поверхности специалистами САНИИРИ, КазНИИВХ и САНИГМИ:

$$E=0,14h(I_0-I_{200}) (1+0,72W_{200}) \quad (2)$$

$$E=0,14h(I_0-I_{200}) (K_0+0,72W_{200}) \quad (3)$$

$$E=0,16h(I_0-I_{200}) (1+0,6352W_{200}) \quad (4)$$

$$E=0,19h(I_0-I_{200}) (1+0,51W_{200}) \quad (5)$$

$$E=h(0,22H+0,128) (1+0,51W_{200}), \quad (6)$$

где  $h$  – число часов солнцестояния в месяце;  $I_0$  – максимальная упругость водяного пара, вычисленная по температуре воды;  $I_{200}$  – абсолютная влажность воздуха на высоте 200 см;  $H$  коэффициент, зависящий от разности температуры воды и воздуха;  $W$  – скорость ветра.

Как мы видим, в расчетных формулах присутствует температура и высотное положение испаряющей поверхности водного зеркала. Так как температурный режим данной местности в основном зависит от приходящей энергии на этой поверхности, становится понятным, что все вышеперечисленные факторы влияющие на испарение воды с данной поверхности сильно зависят от состояния энергетической активности Солнца.

На основе фактических многолетних наблюдений за испарением с водной поверхности и с посевов хлопчатника получены эмпирические зависимости от энергетической активности Солнца. Уравнение на период апрель-сентябрь:

$$\sum E_n'' = 1201,04 - 1,08\lambda \pm 54 \text{ мм} \quad (7)$$

Уравнение для безморозного периода, т.е. на среднемноголетние 168 дня (с IV по X месяцы):

$$\sum E_n'' = 1303,4 - 1,23\lambda \pm 63 \text{ мм} \quad (8)$$

При этом теснота солнечно-земной взаимосвязи лежит в интервале от (-0,8643) до (-0,9649) (рис. 1).

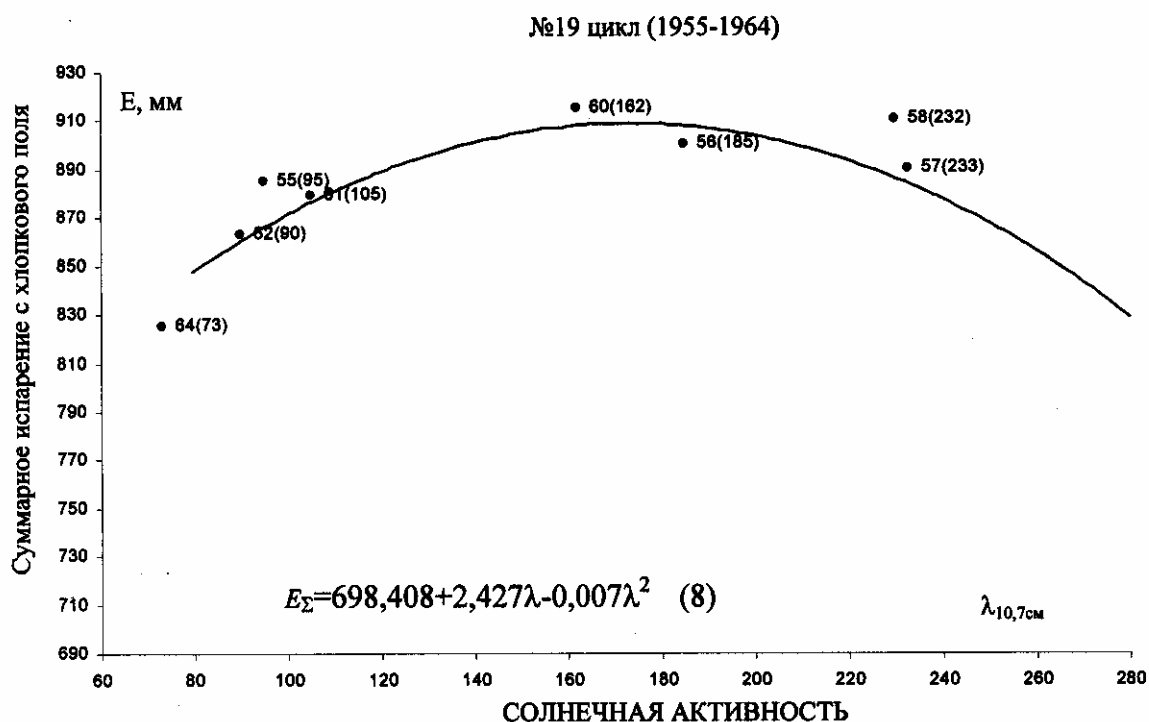


Рис 1. Зависимость суммарного испарения с посевов хлопчатника. ГМС – Фергана от солнечной активности.

Где: Суммарное испарение с хлопкового поля по данным [5] – E, мм  
Солнечная активность по данным жуонала[1,2,3,4] -  $\lambda_{10,7\text{см}}$  (показатель энергетической активности Солнца)

Для получения динамической модели базисным взят 19-й цикл на период 1955-1964гг., т.к. детальные наблюдения испарения с водой поверхности, транспирация хлопкового поля, а также испарение с почвы обработаны по данным справочника САНИГМИ и [8].

## Выводы

Предложенные эмпирические зависимости испарения с водной поверхности (формулы 6, 7) и с хлопкового поля (формула 8) позволяют оценивать испарение в процессе управления водно-земельными ресурсами в Ферганской долине.

Зависимости возможно также использовать для анализа экологического равновесия (качества воды) по замыкающему гидропосту - г. Бекабад.

## Литература

1. Е. Шерматов. Отчет НИР по программе МКВК тема 05.04. Разработать программный модель для долгосрочного прогнозирования водности основных рек бассейна Аральского моря на основе данных ЕИС (единой информационной системы) (заключительный отчет), архив НПО САНИИРИ, Ташкент, 1997.

2. А.Л.Чижевский. «Земное эхо солнечных бурь». Изд. «Мысль», М., 1976.
3. Ю.М.Слоним, К.Ф.Кулешов. «Индексы солнечной активности для циклов №17-20 (1934-1977 гг.)». Ташкент, «Фан», 1982.
4. Helen E. Coffey. Solar – Geophysical Data comprehensive reports. February 2001. Number 678-Part II.
5. Helen E. Coffey. Solar – Geophysical Data prompt reports. April 2001. No 680- Part I.
6. Helen E. Coffey. Solar – Geophysical Data prompt reports. January 2001. No 677- Part I.
7. Helen E. Coffey. Solar – Geophysical Data prompt reports. May 2001. No 681- Part I.
8. Л.Я. Джоган «Испарение с орошаемых полей Средней Азии». Москва «Наука». 1990.
9. Е. Шерматов, М.К.Джураев, Отчет НИР по теме 2.1.33 «Разработка метода долгосрочного прогнозирования мелиоративных показателей орошаемых земель на основе Энергетической активности Солнца (на примере Ферганской долины)» архив ИВП АН РУ. Ташкент, 2002 г.

## **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

**К.А. Мусабаева**

**Кыргызский Аграрный Университет имени К.И. Скрябина**

В водном хозяйстве Кыргызской Республики работает в настоящее время большое количество высококвалифицированных специалистов, однако новейшие достижения в ирригации и дренаже, технологии и методы управления водными системами, правовые и юридические вопросы, рыночные экономические подходы, развитие рынка воды, процесс передачи функций управления водопользователям и организации их ассоциаций потребовали специалистов иной квалификации и качества. Вследствие чего социально-экономические и политические преобразования жизни в республике в переходной период к социальной ориентированной рыночной экономике привели к существенной перестройке подготовки кадров.

Фактическое качественное состояние кадрового потенциала системы водного хозяйства республики по состоянию на 1.01.2003г. характеризуется нижеследующими основными показателями. Из 5729 работающих в настоящее время в системе водного хозяйства 252 специалиста являются людьми пенсионного и предпенсионного возраста, средний возраст работающих специалистов составляет 45-47 лет и их количество около 812, численность молодых специалистов весьма незначительна и составляет около 10 % от количества работающих в системе. Все это означает, что основная масса специалистов получила профессиональную подготовку в традиционной системе и несет стереотипы старого мышления работы. Кроме того, специалисты, сформированные в иной образовательной системе, с иными ценностями и иным профессиональным опытом, очень далеки от современных потребностей и трудно адаптируются к рыночным отношениям, а уровень их профессионализма играет одну из важнейших ролей в реализации реформ сельского и водного хозяйства.

Данные таблицы 1 показывают, что из 5729 специалистов работающих в системе, имеет высшее образование всего 995 человек, преобладают специалисты с средне-специальным образованием в количестве 1013 человек и практики, составляющие 534 человека. Сложилось неблагоприятное положение с соотношением специалистов с высшим и средне-специальным образованием, а соответственно с их функциональным распределением. В то же время выпускники высшего учебного заведения остаются не востребованными.

Результаты аттестаций, проводимых в системе водного хозяйства периодически раз в два года показывают, что не всегда уровень профессионализма кадров водников отвечает современным требованиям, имеют место единичные факты когда в водохозяйственных организациях работают специалисты с иным образованием.

Существующая система подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием не может в полной мере обеспечить водное хозяйство выпускниками отвечающими всем требованиям предъявляемым к ним из-за трудностей в достаточном объеме финансирования учебного процесса, выхода из строя части учебно-лабораторной базы, трудностей в прохождении практики и др.

Таблица 1<sup>9</sup>

Состав работников водного хозяйства республики по образованию

	Всего по БУВХ	Управлении водохрани- лищ	Институты	Сельводза- щита	КВСК	Джеты- Огузская ПМК	Управление маркетинга	ЦА ДВХ	Всего
Состав работников по образованию (без МОП и рабочих):	760	26	100	73	1	5	5	26	995
с высшим образованием	912	31	12	42	2	4	3	7	1013
с ср.специальным	57	1	1	5	-	1	2	4	71
с н/высшим, .	512	9	10	-	1	1	1	-	534
с средним образованием	44	10	3	8	-	-	2	4	71
обучается в ВУЗах									

Необходимо отразить, что в водном хозяйстве СССР была построена стройная, налаженная система повышения квалификации и переподготовки специалистов водного хозяйства. С суверенизацией республики и введением рыночно-денежных отношений система повышения квалификации перестала существовать. Специалисты водного хозяйства оказались в информационном вакууме, что не способствовало, а даже наоборот, тормозила их профессиональный рост. Получение новой информации и в какой то мере тренинг специалистов водного хозяйства отрывочно проводился в рамках различных программ, мероприятий различных фондов и организаций, в основном международных и иностранных. Но весь этот процесс носил отрывочный несистематический характер, в них участвовало ограниченное количество специалистов и все это не могло изменить состояние дел.

Начиная с конца 2000 года и по настоящее время для проведения систематических тренингов специалистов среднего и высшего уровня управления органов водного хозяйства пяти центральноазиатских республик функционирует Тренинговый центр МКВК (Межгосударственная Координационная Водохозяйственная Комиссия). Учитывая, что Тренинговый центр не в состоянии проводить тренинг всех нуждающихся в этом специалистов водного хозяйства на всех уровнях управления 5 стран, начался процесс создания его филиалов.

В республике в 2002 году был открыт филиал Тренингового центра в г. Оше, в котором проводится плановая работа по организации семинаров и технической учебы для специалистов водного хозяйства не только Кыргызстана, но и для трех областей Узбекистана (Андижанская, Наманганская, Ферганская) и одной области Таджикистана (Согдийская).

Конечно этот филиал не может решить все потребные задачи в деле повышении квалификации специалистов и этот вопрос требует своего разрешения и создания соответствующей системы не только в системе водного хозяйства, но и в смежных отраслях экономики республики.

В современном мире все отчетливее проявляется тенденция формирования единого мирового сообщества и его целостности, переход от противостояния к сближению и сотрудничеству по многим глобальным, региональным и межнациональным проблемам. Одним их факторов развития регионального сотрудничества выступают международные исследования (проекты) в водном хозяйстве, которые предполагают интеграцию водных систем различных государств. Процесс интеграции предполагает сохранение и развитие всего лучшего опыта в водном хозяйстве, приобретение ею все более ценных качеств, взаимовыгодное сотрудничество.

Программы профессионального тренинга специалистов водного хозяйства Центральной Азии укрепляет сотрудничество между странами региона, а выработка единых подходов к проблемам управления использованием водных ресурсов будет способствовать дальнейшему упрочению как региональных связей, так и созданию мышления в регионе, основанного на понимании необходимости

<sup>9</sup> Текущий архив МСВХ и ПП. Материалы коллегии по итогам 2002 года. Сведения о кадровом составе Департамента водного хозяйства.



жить вместе с соседями по согласованным правилам и на основе взаимоуважения, консенсуса и взаимной выгоды.

В современном мире образование приобретает решающее значение для социально-культурного и экономического развития и превращается в важный фактор духовного здоровья общества, профессиональной подготовки, разностороннего творчества и прогресса.

Подготовку специалистов для водного хозяйства страны проводили: нынешний Кыргызский аграрный университет (в прошлом Кыргызский сельскохозяйственный институт) имени К.И.Скрябина, которое отмечает в этом году свою 70-летний юбилей, Гидромелиоративный техникум, и учебные заведения других союзных республик.

Кыргызский аграрный университет имени К.И.Скрябина является одним из первых высших учебных заведений и единственный в республике готовящий специалистов водного хозяйства. В настоящее время он вырос в крупный учебный и научно-культурный центр, являющийся кузницей подготовки специалистов аграрников высшей квалификации. Социально-экономические и политические реформы в стране, стремительное развитие частного сектора, в конце, прошлого и начале текущего столетия потребовали создание нового класса специалистов, способных работать в условиях широкомасштабной глобализации отрасли и аграрный университет активно включился в этот процесс. Он стал готовить для сельского и водного хозяйства менеджеров, экологов, юристов со специализацией по земельному и водному праву.

Гидромелиоративный факультет был открыт в составе сельскохозяйственного института по решению Правительства в 1949 году. За период существования факультет гидромелиорации и землеустройства подготовил для водного хозяйства более 4100 специалистов высшей квалификации для водного хозяйства республики.<sup>10</sup>

В настоящее время на факультете ведется подготовка студентов по дневной и заочной формам обучения по следующим направлениям и специальностям:

- инженеров-мелиораторов;
- инженеров по строительству речных гидросооружений и гидроэлектростанций;
- инженеров-землеустроителей;
- геодезистов;
- юристов по земельному и водному праву.

Профессорско-преподавательский состав факультета включает 4 доктора наук, профессора, 21 кандидата наук, доцентов, 19 старших преподавателей, 9 ассистентов и преподавателей.<sup>11</sup>

Факультет представляет образец нового реформированного типа, здесь выполняется непрерывные многоуровневая подготовка специалистов по схеме: школа – лицей – техникум – вуз. На базе факультета образован гидротехнический техникум, где осуществляется подготовка специалистов среднего звена по направлениям гидромелиорация, землеустройство и прикладная геодезия. Техникум, совместно с факультетом гидромелиорации и землеустройства представляет собой единый учебный комплекс и действует в рамках учебной интеграции. Такое решение вопроса позволяет осуществлять преемственность образования, повышать качество выпускников с целью продолжения обучения в университете. Гидротехнический техникум за 1996-2001гг. подготовил и выпустил 311 специалистов–техников.

В аграрном университете внедрены в учебный процесс адаптированные сокращенные учебные планы по специальностям «гидромелиорация», «землеустройство», «прикладная геодезия» предусматривающих непрерывность профессионального образования, что позволило выпускникам техникума получить высшее образование в университете в сроки 3 года по дневной форме и 5,5 года по заочной форме обучения.

Многоуровневая система непрерывной подготовки специалистов, которая имеет место в гидротехническом техникуме и на факультете гидромелиорации и землеустройства является наиболее эффективной в условиях рыночных отношений, так как она представляет собой гибкий механизм, учитывающий конъюнктуру рынка. Она позволяет на базе выпускников техникума обеспечивать потребность государства в тех или иных специалистах высокого профессионального уровня в короткие сроки.

Переход Кыргызстана на рыночный путь развития привел к соответствующим изменениям в экономической структуре, потребовал иного контингента специалистов высшей категории, способных

<sup>10</sup> Основные итоги работы Кыргызской аграрной академии за 1996-2000гг. КАА. Бишкек, 2001. с.34.

<sup>11</sup> Там же, с.35.

работать в новых условиях. Советская система образования, отвечающая запросам планового хозяйства, в условиях рынка оказалась в кризисе; ее цели, содержание, методы образования и воспитания перестали соответствовать потребностям нового общества, так как рыночная экономика нуждалась в специалистах, способных постоянно обновлять свои знания, овладевать новыми навыками, адаптироваться в сложных реалиях транзитного периода.

В результате Кыргызский аграрный университет в соответствии с законом «Об образовании» перешел на многоуровневую подготовку кадров высшей квалификации с возможностью получения выпускниками принятых в мировой практике квалифицированных академических степеней «бакалавр» и «магистр». На факультете введена система платного (контрактного) образования наряду с бюджетным.

Одним из показателей эффективности системы образования является качество обучения - общекультурный и профессиональный уровень подготовки. Следует отметить, что в советское время он был достаточно высоким, прежде всего по естественным и техническим дисциплинам. Современный высококвалифицированный специалист – это профессионал, владеющий иностранными языками, компьютерной грамотностью, способный работать в условиях рынка. Следовательно, в настоящее время следует оценивать систему образования, знания специалистов не по принципу «от достигнутого», который создает иллюзию ложного благополучия, а с учетом требований выживания.

Динамика изменения подготовки специалистов с высшим образованием для водного хозяйства. За последнее 10 лет указана в прилагаемой ниже таблице 2.

В таблице наблюдается тенденция к снижению численности поступающих на гидромелиоративный факультет, особенно 1995-1996гг. Из-за социально-экономических трудностей, снижения престижности высшего образования, низких ставок оплаты труда специалистов в водном хозяйстве республики и ряда других причин, приток студентов на факультет, как видно из таблицы, существенно снизился, но по мере стабилизации экономики наметился заметный ежегодный рост числа поступающих.

Таблица 2<sup>12</sup>.

Динамика подготовки специалистов на гидромелиоративном факультете за 1993 – 2002гг.

Специальность	1993		1996		2001		2002		Всего	
	д/о	з/о	д/о	з/о	д/о	з/о	д/о	з/о	д/о	з/о
1. Гидромелиорация	61	49	51	29	27	14	37	20	215	361
2. Землеустройства	-		23	-	28	12	25	12	142	109
3. ГТС	-		11	-	18	-	6	2	119	76
4. Прикладная геодезия					8		6	-	14	-
5. Земельное и водное право							18		18	

Сравнение данных по подготовке и выпуску специалистов и потребностей показывает, что ежегодная заявленная потребность в специалистах различного профиля Департамента водного хозяйства Кыргызской республики составляет в среднем 10-15 человек, а количество выпускников - молодых специалистов превышает эту потребность и в результате они трудоустраиваются в других отраслях. Выпускники факультета работают в системе Министерства сельского и водного хозяйства, Министерства экологии и чрезвычайных ситуаций, в Ассоциациях водопользователей, Айыл Окмоту, в системе Государственного агентства по регистрации прав на недвижимое имущество, республиканских, областных и районных центрах по земельно-аграрной реформе, АО «Нарынгидроэнергострой», в различных частных структурах и в организациях и учреждениях других ведомств Кыргызской Республики.

Из всего изложенного выше следует, что для устойчивого функционирования и дальнейшего развития системы водного хозяйства республики настоятельной необходимостью является формирование взаимоувязанной целостной системы включающей подготовку молодых специалистов требуемого временем качества и специальностей, порядок преемственности в работе, повышение квалификации и переподготовки работающих кадров.

<sup>12</sup> Текущий архив Кыргызского аграрного университета. Динамика количество выпускников факультета по специальностям.

Работа по созданию и функционированию такой системы должна проводиться в рамках государственной и ведомственной кадровой политики на утвержденной долгосрочной концептуальной основе.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР**

**Ю.Г. Безбородов**

**Московская сельскохозяйственная академия им. Тимирязева**

Как известно, тепловое излучение Земли поглощается содержащимися в её атмосфере «большими» и «малыми» парниковыми газами. Среди «малых» парниковых газов, обладающих токсичными свойствами, выделены углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) и закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ). В рабочей книге по инвентаризации парниковых газов Международной группы экспертов по изучению климата рекомендуются объёмы выбросов этих газов приводить в  $\text{CO}_2$  – эквиваленте, для чего  $\text{CH}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}$  принимать с коэффициентами соответственно 21 и 310.

За последние 150 лет относительная концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере увеличилась на 25% и достигла 345 молекул на 1 млн. молекул воздуха. Согласно Национальному кадастру антропогенных выбросов и поглощений парниковых газов в 1994 г. объем эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу всеми источниками Узбекистана составил около 102 млн.т,  $\text{CH}_4$  около 42 млн.т и  $\text{N}_2\text{O}$  около 10 млн.т и всего около 154 млн.т. При этом в кадастре на долю орошаемых земель отнесены только выбросы метана с посевов риса – 9,8 млн.т.

Вместе с тем многочисленными исследованиями почвоведов, агрохимиков, почвенных микробиологов, доказано, что почва является мощным биологическим реактором, вырабатывающим  $\text{CO}_2$  и другие газы в результате различных биохимических реакций. Наиболее интенсивно выделение  $\text{CO}_2$  происходит после глубокой пахоты почвы с оборотом пласта, наименее интенсивно с необрабатываемой почвы, а также из почвы, подвергаемой «нулевой» обработке. Закись азота выделяется в атмосферу в виде газообразных потерь из широко применяемых в орошаемом земледелии азотных удобрений – аммиачной селитры, мочевины. В хлопководстве на долю газообразных потерь азота приходится до 28% от внесенных в почву азотных удобрений. В свою очередь в общем объеме газообразных потерь азота, в который входят молекулярный азот,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$ , доля закиси азота достигает 60-65%.

Таким образом интенсификация и химизация сельскохозяйственного производства внесли и вносят свой, очевидно, немалый вклад в формирование парникового эффекта, однако сокращение объема эмиссии парниковых газов путем повсеместного перехода на «нулевую» обработку почвы и уменьшения норм азотных удобрений в настоящее время невозможно, так как оно вызывает снижение урожая сельскохозяйственных культур, являющихся основным источником питания населения и снабжения фуражом животноводства.

Нам представляется, что актуальные проблемы водосбережения, защиты почв от ирригационной эрозии и загрязнения атмосферы земли в аридной зоне могут быть решены путем мульчирования почвы на посевах пропашных культур специальными мульчматериалами. Одним из наиболее перспективных может стать темная полиэтиленовая пленка. Изучение ее эффективности проводилось на почвах сероземного пояса, занятых посевами различных пропашных культур. Мульчирование почвы во всех исследованиях осуществлялось в соответствии с предварительным патентом РУз № 3458.

Согласно разработанной технологии, полоса пленки шириной, соответствующей ширине междурядий пропашной культуры, укладывается на поле через одно междурядье. В пленке с шагом 1-1,5 м в зависимости от механического состава почвы устраиваются отверстия диаметром 6-8 мм, через которые при поливе вода вытекает и увлажняет почву таким образом, что под пленкой как и при капельном орошении формируются очаги увлажнения. При поливе по экранированным пленкой бороздам на землях с большими уклонами почва предохраняется от размыва, что способствует сохранению её плодородия. Впитавшаяся в почву вода после поливов не расходуется на физическое испарение, что свидетельствует о водосберегающем факторе данной технологии полива. Внесенные в почву до укладки пленки минеральные удобрения используются более продуктивно, поскольку пленка нару-

шает газообмен между почвой и атмосферой, в результате резко снижаются газообразные потери азота. Кроме того, при частых поливах, когда в почве создаются оптимальные водный и тепловой режим, более интенсивно происходит выделение CO<sub>2</sub> корневой системой и почвенной микрофлорой. В результате этого в почве образуются угольная и уксусная кислоты, которые вступая в химические реакции с труднорастворимыми фосфорными соединениями переводят их в легкорастворимые, доступные для растений однофосфатные формы.

В покрытой темной полиэтиленовой пленкой почве не растут однолетние и большая часть многолетних сорняков, благодаря чему устраняется необходимость применения дорогостоящих гербицидов. Покрытые пленкой междурядья не нуждаются также в тракторной обработке, которая является важным агротехническим приемом при обычной технологии полива по бороздам. Устранение необходимости проведения многочисленных тракторных культиваций приводит к тому, что почва мало уплотняется и в связи с этим в течение всего вегетационного периода растений сохраняются благоприятные её водно-физические свойства.

Все положительные стороны технологии полива пропашных культур по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам, формирующие экологический, водосберегающий, почвоохранительный эффекты, должны сказаться на получении высокого урожая орошаемых сельскохозяйственных культур и таким образом стать базой для перспективной системы земледелия.

Для изучения эффективности орошения хлопчатника по экранированным темной полиэтиленовой пленкой бороздам в течение нескольких лет (1998-2001 гг.) на Центральной экспериментальной базе Узбекского НИИ хлопководства закладывались полевые опыты, включавшие следующие варианты: 1. поливы по обычным бороздам (контроль); 2. поливы по экранированным пленкой бороздам – пленкой покрыта 50% поверхности почвы; 3. поливы по экранированным пленкой бороздам – пленкой покрыта вся поверхность почвы. Во всех вариантах опыта поливы проводились с подачей воды через междурядья. Опыты закладывались в трехкратной повторности. Почва опытного участка староорошаемый, тяжелосуглинистый типичный серозем, уклон поверхности земли 0,015. Поливы хлопчатника проводились по влажности почвы 70-70-60% НВ, причем в первом варианте увлажняемый слой почвы принимался равным 70, 100, 70 см соответственно фазам развития хлопчатника, а во втором и третьем 50 см в течение всего вегетационного периода.

Исследованиями установлено, что для поддержания благоприятного водного режима почвы потребовалось проведение разного числа поливов и оросительных норм хлопчатника: в первом варианте проведено 5 поливов с оросительной нормой нетто 5840 м<sup>3</sup>/га; во втором варианте соответственно 9 и 4510 м<sup>3</sup>/га; в третьем 9 и 4675 м<sup>3</sup>/га. Средняя оросительная норма хлопчатника по вариантам 2 и 3 составила 4592 м<sup>3</sup>/га, что на 1248 м<sup>3</sup>/га или на 21,4% меньше, чем на контроле. Затраты оросительной воды в варианте 3 оказались больше, чем в варианте 2 благодаря большей биологической массе хлопчатника и листовой поверхности.

В табл. 1 приведены данные по водопотреблению хлопчатника, определенному балансовым методом.

Таблица 1  
Водопотребление хлопчатника (2000 г.)

Технология полива	Водопотребление хлопчатника, м <sup>3</sup> /га	Структура водопотребления, числитель м <sup>3</sup> /га, знаменатель, %		
		Осадки	Влагозапасы почвы	Оросительная вода
Бороздковый полив (контроль)	7862	$\frac{1272}{16,2}$	$\frac{750}{9,5}$	$\frac{5840}{74,3}$
Полив по экранированным пленкой бороздам (50% поверхности почвы покрыто пленкой)	6558	$\frac{1140}{17,4}$	$\frac{908}{13,8}$	$\frac{4510}{68,8}$
Полив по экранированным пленкой бороздам (100% поверхности почвы покрыто пленкой)	6605	$\frac{1082}{16,4}$	$\frac{848}{12,8}$	$\frac{4675}{70,8}$

Как видно, в структуре водопотребления хлопчатника самой важной статьёй является оросительная вода, причем ее доля в вариантах полива по экранированным бороздам меньше, чем в контрольном варианте. Благодаря многим вышеперечисленным преимуществам, свойственным мульчированной полиэтиленовой пленкой почве, растущий на ней хлопчатник дает высокий урожай. Так, если на

контрольном варианте получен урожай хлопка-сырца 38,6 ц/га, то в вариантах с мульчированной почвой он составил 57,8 и 71,7 ц/га. Во втором варианте опыта получена прибавка урожая хлопка-сырца в размере 19,2 ц/га (49,7%), в третьем 33,1 ц/га (85,8%).

Высокий урожай хлопка-сырца является свидетельством и высокого плодородия почвы. Принято считать, что плодородие почвы обусловлено её биологической активностью, а показателем такой активности служит концентрация углекислого газа в почвенном воздухе. Измерение концентрации углекислого газа в почвенном воздухе проводилось по стандартной методике с помощью газового хроматографа. В табл. 2 приведены результаты измерения концентрации трех газов в почве, занятой хлопчатником и после уборки урожая хлопка-сырца на посевах озимой пшеницы.

Таблица 2

Динамика газов почвенного воздуха хлопкового поля (числитель на глубине 20 см, знаменатель – на глубине 40 см)

Варианты мульчирования почвы полиэтиленовой пленкой	Дата определения	Состав газов почвенного воздуха, %		
		CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> (10 <sup>-4</sup> %)
Исходное содержание	22.05	0,22/0,40	20,11/19,62	1,44/1,48
1	5.06	0,22/0,18	20,30/19,82	1,33/1,25
2	5.06	0,22/0,44	20,30/19,94	1,41/1,29
3	5.06	0,31/0,35	20,11/20,30	1,29/1,20
1	5.07	0,38/0,18	19,19/19,82	2,06/1,89
2	5.07	0,59/0,78	19,05/19,62	1,83/1,51
3	5.07	0,73/0,97	19,24/19,24	1,89/1,42
1	31.07	3,42/3,82	16,56/16,41	1,91/1,78
2	31.07	4,78/4,31	14,11/13,92	1,75/1,46
3	31.07	0,22/1,26	19,76/19,21	2,75/2,12
1	4.09	0,84/1,01	19,92/19,75	1,29/1,25
2	4.09	1,51/1,82	19,61/19,44	1,16/0,82
3	4.09	0,73/0,78	19,50/19,62	1,63/1,48
1	9.10	0,60/0,47	19,53/19,71	2,22/1,94
2	9.10	0,63/0,79	19,44/19,69	2,17/1,02
3	9.10	0,53/0,72	19,39/19,46	2,40/1,73
Вспаханное поле	11.11	0,41/0,66	19,72/19,32	4,95/7,91
Озимая пшеница после хлопчатника	14.02.2001	0,16/0,19	20,47/19,97	1,65/1,69
	21.06.2001	1,03/1,03	19,12/19,58	1,55/1,36

Как видно, самая высокая концентрация CO<sub>2</sub> в почвенном воздухе формируется под пленкой второго варианта в самое жаркое время года (31.07) и в целом в мульчированной почве концентрация CO<sub>2</sub> выше, чем в открытой. Что касается метана, то существенной разницы между вариантами нет, однако во вспаханной после уборки урожая хлопка-сырца увлажненной осенними осадками и содержащей большое количество растительных остатков почве концентрация метана резко увеличивается. Углекислый газ и метан в результате воздухообмена поступают в атмосферу. Нами установлено, что с хлопкового поля за вегетационный период объем эмиссии CO<sub>2</sub> составляет около 62,2 т/га, с такого же поля, но при покрытии половины поверхности почвы пленкой, 39,7 т/га. Соответственно метана выделяется 6,05 кг/га и 3,63 кг/га или в CO<sub>2</sub> – экв. 127 и 76,2 кг/га.

Расчетами также установлен объем эмиссии закиси азота. Исходя из нормы азота под хлопчатник 250 кг/га газообразных потерь азота в размере 28% и доли закиси азота в этих потерях 50%, объем эмиссии N<sub>2</sub>O из почвы в атмосферу составит 35 кг/га или в CO<sub>2</sub>-экв. 10,8 т/га.

Таким образом, в результате исследований установлено, что в атмосферу земли из хлопкового поля возможный объем эмиссии парниковых газов может составить 73,1 т/га в CO<sub>2</sub>-экв. При орошении хлопчатника по экранированным бороздам при покрытии половины поверхности почвы пленкой объем выбросов парниковых газов может быть снижен до 45,8 т/га в CO<sub>2</sub>-экв, а при полном покрытии почвы пленкой он может быть доведен до нуля.

## КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ КУЛЬТУР ХЛОПКОВОГО КОМПЛЕКСА

Г.А. Безбородов, Ю. Эсанбеков

### Узбекский научно-исследовательский институт хлопководства

Принято считать систему капельного орошения наиболее перспективной по ее водосберегающему эффекту. В условиях острого дефицита оросительной воды альтернативы ей нет и поэтому в отдельных странах мира орошаемое земледелие основывается преимущественно на капельном орошении.

С целью изучения эффективности капельного орошения при возделывании хлопчатника и сопутствующих культур на Центральной экспериментальной базе Узбекского НИИ хлопководства, расположенной в Кибрайском районе Ташкентской области, в конце 80-х годов прошлого столетия была построена система капельного орошения (СКО) с трубочками увлажнителями марки «Вариодрип».

Построенная СКО отличалась от стандартных отечественных и зарубежных систем тем, что на ней были смонтированы электромагнитный активатор и устройство для пуска в оросительную воду углекислого газа. Лабораторными исследованиями было установлено, что омагничивание воды магнитным полем напряженностью 300 эрстед уменьшает её водородный показатель с 7,4 до 7,2-7,3, насыщение воды углекислым газом также снижает рН до 6,1-6,2, на 5-6% увеличивается электропроводность и на 3-6% вязкость омагниченной воды. Лабораторная всхожесть семян хлопчатника, замоченных омагниченной водой увеличивается на 5,4%, а замоченных омагниченным 0,01%-раствором аммиачной селитры – на 11,6%.

Исходя из этих предпосылок, в 1993-1995 гг. был заложен полевой опыт, состоящий из 9 вариантов полива хлопчатника капельным орошением (КО):

1. КО обычной водой с внесением 0,5 годовой нормы NPK;
2. КО омагниченной водой и 0,5 нормы NPK;
3. КО омагниченной водой с растворенным углекислым газом (CO<sub>2</sub>) и 0,5 нормы NPK;
- 4, 5, 6 – аналогичные вариантам 1, 2, 3 с внесением 0,75 годовой нормы NPK;
- 7, 8, 9 аналогичные вариантам 1, 2, 3 с внесением полной нормы N 250 P175 K125 кг/га. Опыт заложен в трехкратной повторности на староорошаемом тяжелосуглинистом типичном сероземе с уклоном земли 0,015. Поливы проводились по влажности почвы 70-70-60% НВ.

В таблице 1 приведены результаты исследований капельного орошения хлопчатника.

Как видно, при внесении под хлопчатник половинной нормы минеральных удобрений при орошении омагниченной водой средняя за три года прибавка урожая хлопка-сырца составила 2 ц/га (7%), при орошении подкисленной водой 2,8 ц/га (9,8%). При увеличении годовой нормы минеральных удобрений до 75% возросла и прибавка урожая по сравнению с контролем (вариант 4): в варианте 5 на 3 ц/га (9,7%); в варианте 6 на 3,8 ц/га (12,3%). Самый высокий урожай хлопка-сырца получен при внесении под хлопчатник полной годовой нормы минеральных удобрений. Так, в варианте 8 получена прибавка урожая в размере 4,2 ц/га (12,6%), в варианте 9 5,9 ц/га (17,7%). Таким образом, с повышением нормы минеральных удобрений эффективность орошения активированной водой повышается: при одном только омагничивании с 7% до 9,7 и 12,6%; двойной обработке воды с 9,8% до 12,3 и 17,7%.

В 2000-2002 гг. на СКО проводились исследования по изучению режима орошения кукурузы на зерно. В полевом опыте были заложены следующие варианты полива:

1. Полив по бороздам;
2. Капельное орошение обычной водой;
3. Капельное орошение омагниченной водой.

Во всех вариантах опыта годовая норма минеральных удобрений принималась одинаковой – 240 кг/га азота, 175 кг/га фосфора и 125 кг/га калия. В табл. 2 приведены результаты исследований.

Сравнение полученных усредненных за три года показателей показывает, что при капельном орошении кукурузы экономия оросительной воды составляет 1790 м<sup>3</sup>/га или 33,6%, урожай зерна кукурузы повышается на 3,9 ц/га (7,2%) при поливе обычной водой и на 5 ц/га (9,2%) при поливе омагниченной водой.

Таблица 1

Оросительная норма и урожай хлопка-сырца при капельном орошении хлопчатника

№	Вариант	Норма минеральных удобрений, % от годовой	Годы исследований	Кол-во поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожай хлопка-сырца, ц/га
1	Капельное орошение хлопчатника обычной водой	50%	1993	6	1880	27,8
			1994	6	1900	28,4
			1995	7	2040	29,2
2	Капельное орошение омагниченной водой	50%	1993	6	1880	30,6
			1994	6	1900	29,5
			1995	7	2040	31,3
3	Капельное орошение омагниченной водой, насыщенной CO <sub>2</sub>	50%	1993	6	1880	32,9
			1994	6	1990	29,6
			1995	7	2040	31,4
4	Капельное орошение обычной водой	75%	1993	6	1880	29,9
			1994	6	1990	29,4
			1995	7	2040	33,1
5	Капельное орошение омагниченной водой	75%	1993	6	1880	33,4
			1994	6	1990	32,8
			1995	7	2040	35,1
6	Капельное орошение омагниченной водой, насыщенный CO <sub>2</sub>	75%	1993	6	1880	34,3
			1994	6	1990	34,1
			1995	7	2040	35,3
7	Капельное орошение обычной водой	100%	1993	6	1880	31,6
			1994	6	1990	32,4
			1995	7	2040	36,2
8	Капельное орошение омагниченной водой	100%	1994	6	1990	35,0
			1995	7	2040	40,2
9	Капельное орошение омагниченной водой, насыщенной CO <sub>2</sub>	100%	1994	6	1990	36,9
			1995	7	2040	41,7

Таблица 2

Влияние разных способов полива на режим орошения и урожай зерна кукурузы

№	Вариант полива	Годы исследований	Кол-во поливов	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожай зерна кукурузы, ц/га
1.	По бороздам	2000	6	5570	58,2
		2001	6	5200	52,8
		2002	6	5270	52,2
2.	Капельное орошение обычной водой	2000	9	3200	64,4
		2001	9	3310	55,0
		2002	8	3650	55,4
3	Капельное орошение омагниченной водой	2000	9	3200	66,7
		2001	9	3310	55,5
		2002	8	3650	55,9

Проведенные многолетние исследования на эксплуатируемой без перерывов в течение 15 лет системе капельного орошения показывают, что при капельном орошении культур хлопкового комплекса можно снизить затраты оросительной воды по сравнению с традиционным бороздковым поливом на 35-40% и получить высокий урожай сельскохозяйственных культур.

Обработка оросительной воды с растворенными в ней минеральными удобрениями и углекислым газом электромагнитным полем повышает биологическую эффективность жидкости. Важное значение имеет также то обстоятельство, что при капельном орошении не происходит смыва почва и потеря удобрений. Дешевое сырье – полиэтилен, вырабатываемое из местных газовых месторождений, являющееся главным элементом систем капельного орошения, дает основание предполагать на внедрение СКО в установленных районированием орошаемых земель регионах.