

УДК 626.81(262.83)

## **КРИТЕРИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ И НАЦИОНАЛЬНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАСЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

Ш.Х. Рахимов, И. Бегимов

*НПО САНИИРИ*

*ОРОЛ ДЕНГИЗИ ХАВЗАСИДАГИ ТРАНСЧЕГАРАДОШ ВА МИЛЛИЙ СУВ РЕСУРСЛАРИНИ БОШКАРИШИ МЕЗОНЛАРИ*

*Рахимов Ш.Х., Бегимов И.*

*Уларнинг интерграция даражасини хисобга олган холда Орол денгизи хавзасидаги трансчега-  
радош ва миллий сув ресурсларини бошқариши критерийлари қурилган.*

*Сув ҳужалигида бозор муносабатларига утиши шароитида сув ресурсларини бошқариши крите-  
рийлари ишлаб чиқилди. Бу шароитда сув ресурсларини бошқаришнинг регионал критерий сифати-  
да экологик зарарни камайтириши (минималлаштириши), миллий критерий сифатида эса сув  
ресурсларни фойдаланишдан келган фойдани максималлаштиришига қаратилган. Бунда Респуб-  
ликаларнинг уз лимитларидан ортиқ сув олиши сувнинг ифлослангани учун молиявий туловлар  
хисобга олинган. Шундай усул билан республикаларнинг сув ҳужалигини юритиши ва экологик  
фаолиятларида молиявий алоқа боғланиши қиритилиб, бу региондаги ва республикалардаги  
экологик ва иктисодий шароитларни стабиллаштиришига ёрдам беради*

*Мақолада Марказий Осиё республикалари сув ҳужалигида бозор иктисодиёти ва унга утиши  
даврининг шароити ёритилган.*

Народно-хозяйственные комплексы республик бассейна Аральского моря являлись частью единого государственного интегрированного народно-хозяйственного комплекса бывшего Советского Союза, были ориентированы в основном на развитие аграрного сектора экономики. Поэтому все проекты развития водохозяйственных комплексов бассейнов рек Аральского региона и их реализация были направлены большей частью на развитие орошаемого земледелия и гидроэнергетики. Поскольку приоритетным было орошаемое земледелие, то все крупные водохранилища этих рек проектировались и эксплуатировались в режимах гарантированного обеспечения необходимой водой орошаемого земледелия, а “гидроэнергетика” приспособлялась к этим режимам.

Основным критерием управления водными ресурсами бассейна Аральского моря прошедшей эпохи было получение максимальной прибыли - народно-хозяйственного эффекта, включая национальный доход и социальный эффект за вычетом всех совокупных общественных затрат, необходимых для получения этого эффекта. В совокупные общественные затраты включались капиталовложения на развитии водного хозяйства, развитие той или иной отрасли водопотребителя, затраты на повышение потенциала использования трудовых ресурсов и экологические затраты. Предотвращение ущерба и компенсационные затраты на ущерб. В условиях независимого государства переход к рыночным отношениям, спад производства, ухудшение финансового состояния создают совершенно иную обстановку для развития и работы водохозяйственного комплекса. Первостепенным, является создание условий для политической стабильности и стратегического социально-экономического развития каждого из государств бассейна

Аральского моря. Стратегия развития страны ориентируется на достижение стабильного и устойчивого динамического роста как производства, так и других видов потенциала государства. Устойчивое развитие государства, отрасли, региона обеспечивается при условии, что финансовый потенциал и его изменения достаточны для воспроизводства и изменения потенциалов основных фондов, в естественных и трудовых ресурсах [1, 2].

Бассейны рек Амударья и Сырдарья и Аральского моря приобрели статусы межгосударственных, определены их основные трансграничные и национальные водные ресурсы, подписаны многочисленные соглашения, созданы межгосударственные организации по управлению водными ресурсами этих бассейнов.

Основными целями управления трансграничными водными ресурсами являются устойчивое экономическое, социальное и политическое развитие каждого независимого государства не в ущерб другому, а также улучшение ситуации в экологически опасных зонах и в регионе в целом.

У каждого государства бассейна Аральского моря имеются свои цели в управлении водными ресурсами, относительная важность которых может изменяться в процессе управления. Цели государств и их областей могут быть противоречивыми. Например, гидроэнергетика нуждается больших расходах воды в холодные года, а орошаемое земледелие в теплые и жаркие периоды года. Многие цели трудно оценить количественно, но и те, для которых это, возможно, часто оценивается в несопоставимых единицах.

Критерии управления трансграничными водными ресурсами необходимо формулировать, исходя из основных целей управления ресурсами межгосударственного бассейна Аральского моря и из международного водного права, предусматривающего в качестве основного правила водораспределения право каждой страны “в бассейне” на равную и обоснованную долю в международных водах. При этом равная и обоснованная доля в Хельсинском решении не имеет четкого толкования.

Выбор критериев управления трансграничными водными ресурсами зависит от степени общерегиональной интеграции экономики государств бассейна Аральского моря.

1. При общерегиональном интеграционном развитии наиболее целесообразен поиск всеми государствами- участниками регионального оптимума наиболее выгодного использования ограниченных водных ресурсов с учетом специфических особенностей и эффективности производства водопользователями той или иной продукции на основе согласованной программы региональной интеграции с последующим внутрирегиональным распределением эффектов и товарообмена.

Учитывая, тот факт, что разные страны (и их зоны) имеют разную специализированную эффективность производства электроэнергии, выращивания различных культур (например, самая дешевая и качественная сахарная свекла выращивается в Киргизии, зерно - в Казахстане, овощи – в Узбекистане, некоторые виды фруктов - в Таджикистане, рис – в Кызыл-Орде и Каракалпакии), критерием управления водными ресурсами и водораспределения при таком распределении мог бы быть максимум совокупного общественного дохода. Пусть  $\{W_{nij}^k\}$  - варианты распределения водных ресурсов на орошаемое земледелие, энергетику, промышленность и сопряженные с водным сектором отрасли  $i$ -ой республики,  $n$ -ой отрасли народного хозяйства,  $j$ -го вида производства в  $k$ -ом году, тогда математическое выражение этого критерия в современных условиях будет иметь вид

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J [\Theta_n(W_{nij}^k) - \mathcal{Z}_n(W_{nij}^k) + \Pi_n(W_{nij}^k) - \mathcal{Y}_n(W_{nij}^k) - \mathcal{Y}_{nc}(W_{nij}^k)] \rightarrow \max \quad (1)$$

где  $W_{nij}^k$  - объем водозабора;  $\mathcal{E}_n$  - эффекты  $n$ -ой отрасли народного хозяйства;  $Z_n$  - затраты  $n$ -ой отрасли народного хозяйства;  $P_n$  - потенциал экономической эффективности  $n$ -ой отрасли народного хозяйства от возможного использования омертвленных или привлеченных других основных фондов;  $Y_n$  - ущербы от водообеспечения  $n$ -ой отрасли народного хозяйства которые должны быть компенсированы пострадавшей от ущербом стране;  $Y_{cn}$  - ущербы от сбросов  $n$ -ой отрасли народного хозяйства, подлежащие компенсированию загрязняющей страной;  $k$  - год;  $i$  - республика;  $n$  - отрасль народного хозяйства;  $j$  - вид производства;  $K$  - количество планируемых лет;  $I$  - количество республик;  $N$  - количество отраслей народного хозяйства;  $J$  - количество видов производств в  $n$ -ой отрасли народного хозяйства.

В выражении (1) эффекты, затраты, потенциалы эффективности и ущербы понимаются относятся только к использованию водных ресурсов в отраслях народного хозяйства.

Ограничения переменных в этом варианте определяются условиями регионального межотраслевого баланса согласованных норм обязательных продаж внутри региона, ценовой региональной политики, показателями балансирования и перераспределения доходов. При этом должен разрабатываться механизм финансирования регионального развития из источников каждой республики, т.е. необходимо формировать общерегиональный фонд развития и перераспределения доходов и баланса развития республик. Необходимо отметить то, что республики в настоящее время не заинтересованы разглашать свои производственные показатели, поэтому реально вычислять критерий (1) маловероятно.

2. Другому варианту, в случае нежелания стран региона интегрироваться, можно использовать определенный “*status quo*”, которым обоснованная доля каждой страны зафиксирована ранее закрепленными договорами и соглашениями. В этом случае критерий управления водными ресурсами в каждой республике может быть выбран максимум совокупного народнохозяйственного эффекта (с учетом ущерба), выражаемый в различных формах (валовой национальный доход, доход на душу населения), при равенстве приростов (уменьшения) национального дохода получаемого от управления водными ресурсами на душу населения в каждой стране.

Математически этот критерий выражается аналогично (1), но применительно к каждой республике. Ограничениями являются межотраслевой внутриреспубликанский баланс и выравнивание всех показателей стран

$$\frac{\Delta \left( \overline{H}_{Di}^k(W_i^k) - \overline{H}_{Di}^{k-1}(W_i^k) \right)}{\sum_{i=1}^I \left( \overline{H}_{Di}^k(W_i^k) - \overline{H}_{Di}^{k-1}(W_i^k) \right)} = idem, \quad (2)$$

где  $\overline{H}_{Di}^k$  - национальный доход на душу населения,  $W_i^k$  - суммарный водозабор в  $k$ -ом году в  $i$ -ой республике.

В этом случае республика старается получить максимальный эффект от своей доли вода, задачей межгосударственных организаций становится выравнивание темпов развития каждой республики с целью устойчивого развития всего региона.

3. Если же участниками МКВК (или решением МФСА) не будут приняты принципы равного использования воды с учетом исходной ситуации, выражении описанные в (1) с ограничениями (2), то могут быть приняты другие варианты критериев, в которых необходимо учесть компенсационные выплаты странам, желающим передать свою долю воды другим странам. Размеры компенсационных выплат определяются на осно-

ве двухсторонний соглашений, в которых учитываются доходы, получаемые по варианту собственного использования, а также доходы принимающей страны.

Во всех вышеперечисленных вариантах региональные и национальные критерий управления водными ресурсами формулируются по принципу декомпозиции – идентичности оптимумов и субоптимумов с учетом соответствующих ограничений, т. е. оптимум региональных критериев должен соответствовать оптимуму национальных критериев.

Более подробно составляющие критериев, рассмотренных в пп. 1-3 и принципы их определения описаны в [1].

4. Страны стремятся максимально использовать созданные основные фонды и развивают их в сугубо “национально эгоистическом” направлении. В этом случае роль региональное управление водными ресурсами бассейна Аральского моря представляет собой сформулированную систему ограничений необходимой для регионального развития. Основными ограничений для регионального развития являются:

- ограничения по объему располагаемых водных ресурсов с учетом отдачи Аралу и Приаралью ( $W_A$ );
- ограничения, вызванные минимальной величиной санитарных попусков в обе дельты и по каждому участку русла реки  $Q_{rt} \leq Q_r^*$ , где  $r$  – участок реки;  $Q_r^*$  - норма санитарного попуска;
- ограничения, по качеству воды в реке  $C_{rj} \leq C_j^*$ , где  $C_{rj}$  – содержание компонента загрязнения  $j$  на участке  $K$ ;  $C_j^*$  - предельно допустимая концентрация компонента  $j$ ;
- ограничения, выраженные условиями устойчивого развития региона.

При этом компенсационные выплаты между странами определяются из ограничения устойчивого развития республик региона на основе многосторонних и двухсторонних соглашений; рациональный критерий не выбирается в явном виде, а региональные органы контролируются распределение и использование водных ресурсов между республиками жесткими соглашениями о процентной или качественной доле имеющих общих располагаемых водных ресурсов каждого вида, а также системами ограничений, принятыми для устойчивого развития региона.

5. Следующий вариант критерия может быть сформулирован в случае перехода водного хозяйства к рыночным отношениям. На основе межгосударственных соглашений определены формы собственности межгосударственных водохозяйственных объектов и сформированы региональные и национальные органы управления водными ресурсами, достаточно отвечающие требованиям рыночной экономики.

В начале каждого года на основе прогноза водных ресурсов составляются лимиты водопотребления для каждой республики, имеющей свою долю в водных ресурсах бассейна, и пропусков в Приаралье и Аральское море в вегетационный и невегетационный периоды, а также определяются режимы работы крупных водохранилищ.

Между государствами бассейна Аральского моря согласуются лимиты объемов воды на текущий год  $W_i^{Nj}$ , получаемых каждой республикой на основе процентной доли каждого государства от сложившегося водопользования, и определяются объемы республиканских финансовых в региональный фонд отчислений за межгосударственное управление водными ресурсами. Эти отчисления направляются на содержание межгосударственных водохозяйственных объектов, финансирование организаций, перспективных проектов, научно-исследовательских работ и др. Для упорядочения распределения в пределах лимита водных ресурсов из межгосударственных источников предлагается ввести принцип финансовой платы республик за ресурсы полученных сверх лимита, направленная эти средства в те республики, которые не получили свои лимитированные объемы воды. Эта плата отчисляется в региональные организации и

для осуществления перспективных экологических и водохозяйственных проектов. Для реализации этого принципа необходимо, чтобы МКВК определил стоимость объема воды, полученного сверх лимита, и разработал механизмы передачи этих средств в региональный фонд и их распределения.

Для улучшения качества воды в межгосударственных водных источниках предлагается принцип использовать “загрязнитель платит”, по которому республика, загрязняющая водные ресурсы (т. е. допускающая превышение концентрации компонентов загрязнителей предельно допустимых концентраций) обязана внести в региональный фонд финансовую плату [3]. Этот принцип может быть реализован в виде налога или штрафа за загрязнения водных ресурсов.

Региональные органы управления водными ресурсами (МФСА, МКВК, БВО, НИЦ и др.) определяют конкретные ставки налогов или штрафов за загрязнения водных ресурсов определенными компонентами загрязнителями, при этом необходимо иметь в виду, что эти ставки должны быть соизмеримы с финансовыми затратами, требуемыми на очистку сбрасываемых республиками вод до предельно допустимых концентрации загрязнителей и ниже. Региональные органы разрабатывают механизмы получения этих средств от республик загрязнителей и реализации их на перспективные проекты по улучшению качества водных ресурсов, строительству различных опреснительных и очистительных сооружений, на проекты отсечения сбросных вод от межгосударственных водных источников и др.

Финансовая выручка  $\Phi_i^k$  от отчислений, продажи и налогов за загрязнения, с учетом лимитов водных ресурсов республик и предельно-допустимых концентраций компонентов загрязнителей определяется следующим образом

$$\Phi_i^k = B_i^k(W_i^{Ak}) + C_i^k(\Delta W_i^j) + \sum_{m=1}^M N_i^{mk}(\Delta Q_i^{mk}) \quad (3)$$

где  $W_i^k$  - суммарный фактический объем водозабора  $i$ -ой республики;  $W_i^{Ak}$  - суммарный объем водозабора по лимиту для  $i$ -ой республики;  $Q_i^{mk}$  - фактическая концентрация, а  $Q_i^{mo}$  - предельно-допустимая концентрация  $m$ -го компонента загрязнения воды;  $B_i^k(W_i^{Ak})$  - сумма отчислений  $i$ -ой республики для получения  $W_i^{Ak}$  объема воды по лимиту;  $\Delta W_i^k = W_i^k - W_i^{Ak}$  - отклонения фактического объема воды от лимита и  $\Delta Q_i^{mk} = Q_i^{mk} - Q_i^{mo}$  - отклонения фактической концентрации  $m$ -го компонента загрязнения в сбросах от его предельно-допустимой концентрации  $i$ -ой республики в  $k$ -ом году;  $C_i^k(\Delta W_i^k)$  - сумма платы  $i$ -ой республики за переполученный объем или выручки за недополученный объем воды по лимиту в размере причиненного ущерба;  $N_i^{mk}(\Delta Q_i^{mk})$  - сумма налогов или штрафов за загрязнения  $k$ -ми компонентами в  $i$ -ой республике. Отметим то, что знак  $C_i^k(\Delta W_i^k)$  и  $N_i^{mk}(\Delta Q_i^{mk})$  соответствуют знакам  $\Delta W_i^k$  и  $\Delta Q_i^{mk}$  соответственно.

Региональные органы направляют начальные отчисления республик, иностранные инвестиции и полученные финансовые выручки на мероприятия по совершенствованию межгосударственных организаций, экологические и водохозяйственные проекты, снижающие экологический ущерб от использования загрязненных водных ресурсов.

В качестве основного регионального критерия может рассматриваться минимизация экологического ущерба от использовании загрязненных водных ресурсов региона, который можно представить следующим образом

$$\sum_k^K \sum_i^I \sum_n^N \Delta Y_{ni}^k(Z_{ni}^k) \longrightarrow \max \quad (4)$$

при ограничениях

$$\sum_k^K \sum_i^I \sum_n^N Z_{ni}^k = \sum_k^K \sum_i^I (O_i^k + I_i^k + \Phi_i^k) \quad (5)$$

Здесь  $\Delta Y_{ni}^k(Z_{ni}^k) = Y_{ni}^0 - Y_{ni}^k(Z_{ni}^k)$  – снижение экологического ущерба благодаря реализации мероприятий по совершенствованию межгосударственных организаций, экологических и водохозяйственных проектов,  $Y_{ni}^0$  – экологический ущерб до реализации этих мероприятий и проектов,  $Y_{ni}^k(Z_{ni}^k)$  – экологический ущерб после реализации мероприятий и проектов,  $Z_{ni}^k$  – затраты на эти мероприятия и проекты,  $O_i^k$  – начальные отчисления на региональные организации республики,  $I_i^k$  – иностранные инвестиции, направленные на экологические и водохозяйственные проекты;  $\Phi_i^k$  – финансовая выручка от отчислений, продажи и налогов за загрязнения республики, направленная в региональные организации;  $k$  – год;  $i$  – республика;  $n$  – мероприятие по совершенствованию межгосударственных организаций, экологические и водохозяйственные проекты;  $K$  – количество планируемых лет;  $I$  – количество республик;  $N$  – количество мероприятий по совершенствованию межгосударственных организаций, экологических и водохозяйственных проектов, снижающих экологический ущерб от использования загрязненных водных ресурсов региона.

В настоящее время общий объем водопотребления республиками в бассейне Аральского моря значительно больше, чем экологически допустимый объем водопотребления региона, предложенный НИЦ МКВК

$$\sum_{i=1}^I W_i^k > W_{эгон} \quad (6)$$

где  $W_{эгон}$  – экологически допустимый объем водопотребления региона.

В бассейне Аральского моря экологически допустимый уровень использования водных ресурсов определен  $70 \text{ км}^3$  в год. Например, в 1985 г. общий объем водопотребления всеми республиками составил около  $129 \text{ км}^3$  в год, а в 1990 г.  $118 \text{ км}^3$  в год. При управлении региональными водными ресурсами. Основным ограничением является уменьшение с каждым годом общего объема водопотребления региона, т. е.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I W_i^k &< \sum_{i=1}^I W_i^{k-1}, \\ \lim_{k \rightarrow K} \sum_{i=1}^I W_i^k &\leq W_{эгон}. \end{aligned} \quad (7)$$

где  $W_i^j$  – объем водопотребления  $i$ -ой республики в  $j$ -ом текущем году;  $W_i^{j-1}$  – объем водопотребления  $i$ -ой республики ( $j-1$ ) в предыдущем году.

Таким образом, региональные органы должны разрабатывать такие механизмы, которые позволили бы республикам экономно использовать водные ресурсы и их повысить их качество, путем внедрения водосберегающих и водоохраных технологий, а также довести в ближайшие годы общий объем водопотребления до экологически допустимого уровня использования водных ресурсов бассейна Аральского моря.

Критерием управления водными ресурсами на национальном уровне может быть максимальная прибыль от использования полученных водных ресурсов  $W_i^k$ ;  $i$ -ой республикой с учетом лимитов и качества водных ресурсов, а также компенсационных выплат и платы за ущерб.

$$\Pi_i^k(W_i^k) - B_i^k(W_i^k) \pm C_i^k(\Delta W_i^k) - \sum_{m=1}^M N_i^{mk} (\Delta Q_i^{mk}) \rightarrow \max \quad (8)$$

где  $\Pi_i^k(W_i^k)$  - прибыль, получаемая от использования водных ресурсов  $W_i^k$  в  $i$ -ой республике, которая в условиях полного платного водопользования определяется следующим образом

$$\begin{aligned} \Pi_i^k(W_i^k) &= \sum_{n=1}^{N_i} (B_{in}^k(W_{in}^k) - Z_{in}^k(W_{in}^k)), \\ \sum_{n=1}^{N_i} W_{in}^k &\leq W_i^k \end{aligned} \quad (9)$$

где  $N_i$  - количество отраслей водопотребления;  $n$  - отрасль народного хозяйства;  $B_{in}^k(W_{in}^k)$  - сумма от продажи  $W_{in}^k$  - го объема воды  $n$ - му водопотребителю;  $Z_{in}^k(W_{in}^k)$  - затраты водного хозяйства за доставку объема воды  $n$ -ой отрасли водопотребителя;  $W_{in}^j$  - объем воды, потребляемый  $m$ -ым водопотребителем.

Из выражений (5) и (8) видно, что региональный критерий предназначен для максимизации снижения, т.е. минимизации экологического ущерба региона, а национальные критерии для максимизации прибыли от использования полученных водных ресурсов учетом принципа финансового возмещения республиками использованию сверхлимитных за водных ресурсов и за их загрязнение водных ресурсов. Таким образом, в водохозяйственно-эксплуатационную и экологическую деятельность республик вводится финансовая обратная связь, которая стабилизирует экономическую и экологическую ситуацию, как в республиках так и регионах в целом.

Далее рассмотрим механизм взаимосвязи регионального критерия (5) с национальным (8). Для простоты и качественного анализа поведения оптимума национального критерия, допустим, что  $B_i(W_i^j) = C_i(\Delta W_i^j)$ , т.е. цены на ресурсы и их отклонения от лимита одинаковые и постоянные.

Получена зависимость изменений с увеличением цены, локальные оптимумы достигается при меньших значениях объема водопотребления республик. Бесплатная часть водных ресурсов определяется из условий их использования без ущерба для экологии бассейна Аральского моря. Например, за бесплатный объем водопотребления республик приняты объемы водопотребления за каждый 1960-1965 гг.

Таким образом, основным экономическим механизмом управления является принцип ценообразования на водные ресурсы и их загрязнения.

Региональные органы должны устанавливать такие цены на водные ресурсы и штрафы за их загрязнения, при которых республикам будет более выгодно, уменьшать объемы водопотребления и улучшать качество водных сбросов, чем платить за них высокую цену и штрафы.

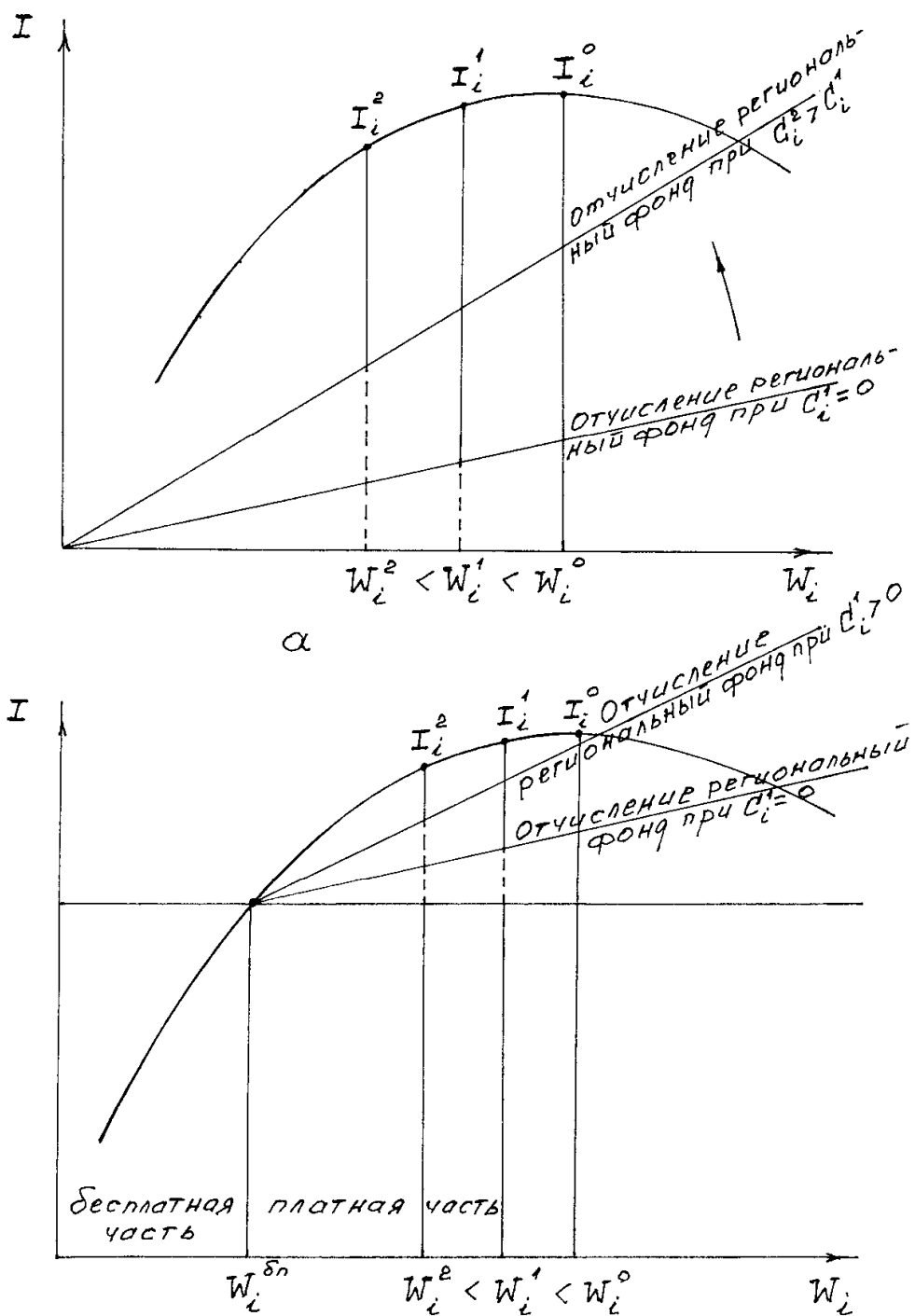


Рис. Изменение локального оптимума национального критерия в зависимости от отчислений в региональный фонд

а - все водные ресурсы платные; б - часть ресурсов бесплатные



В случае неполного платного водопользования прибыль водохозяйственной организации республики формируется из части прибыли различных отраслей народного хозяйства, отчисляемой ими в госбюджет республики.

Использование критерия (5) на региональном уровне и критерия (8) на национальном уровнях управления водными ресурсами способствует стремлению республик уменьшить общий объем и улучшить качество используемых водных ресурсов, а также снижать экологический ущерб для региона. Эти критерии дают хороший результат в том случае, если экономическое положение республик достаточно стабильно, и они в состоянии заплатить за водные ресурсы и их загрязнения, увеличивая при этом прибыль за право использования своих водных ресурсов, а также при условии, что региональные органы устанавливают достаточно реальные цены за воду и ставки налогов за загрязнение водных ресурсов и направляют полученную выручку на региональное развитие водного хозяйства и улучшение экологии региона.

Региональные и национальные критерии управления водными ресурсами определены в водной стратегии бассейна Аральского моря и закреплены межгосударственными соглашениями. Естественно, что национальные критерии зависят от приоритетных направлений того или иного государства или решения какой-либо насущной задачи страны в данный промежуток времени, в т. ч.:

- повышение благосостояния и увеличение социальной защищенности населения;
- создание экспортного потенциала;
- создание зерновой независимости;
- максимальное импортозамещение и др.

Формализация того или другого варианта критерия не представляет особых трудностей, и зависит от конкретной республики, структуры ее производственного потенциала, в том числе водохозяйственного сектора. При этом необходимо учитывать все основные ограничения, сформулированные для регионального критерия.

Локальные (местные) критерии управления водными ресурсами выбираются с учетом ограничений, для районного, зонального (территориального), системного или даже хозяйственного уровней определяемых национальной стратегией, народно-хозяйственной или отраслевой программами. К этим ограничениям относятся ограничения по воде, ограничения по земельным ресурсам, ограничения по возможным ресурсам финансовых вложений, ограничения по наличному парку сельскохозяйственной техники и потенциалу имеющихся строительных организаций, а также другие ограничения, диктуемые местными условиями (например, правительственные задания на производство определенных видов продукции).

Наряду с общепринятыми критериями увеличения общественного продукта и национального дохода в области, районе (в зоне), могут быть применены другие специфические критерии, например:

Социальные:

- максимальная занятость населения;
- повышение благосостояния трудоспособного населения;
- удовлетворение потребности населения в чистой питьевой воде в определенных продуктах питания;
- повышение экспортного потенциала зоны;

Экологические:

- улучшение качества воды в регионе, зоне;
- предотвращение ухудшения окружающей среды, в том числе истощения водных ресурсов;
- решение проблемы засоления;

- восстановление водных ресурсов как ценнейшего дара природы;
- создание экологического благополучия в регионе, зоне;
- создание заповедных зон и др.

При выборе критериев нужно обязательно учитывать не только экономическое, но и социальное и экологическое воздействие. При формулировании и решении задач управления водными ресурсами необходимо, чтобы социальные и экологические требования принимались в виде ограничений и в связях соответствующих перемен.

Таким образом, для решения проблемы управления водными ресурсами на региональном и местном уровнях могут быть использованы методы многокритериального анализа, который является многошаговым итеративным требующим, участия лиц, принимающих решения в этапах реализации.

Авторы выражают благодарность д.т.н. проф. В.А. Духовному за обсуждение результатов и ценные замечания, которые значительно улучшили материал статьи.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Духовный В.А. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. Формирование, развитие. – М., Колос.1984 г. – 256 с.
2. Духовный В.А. Мелиорация и орошаемое хозяйство в засушливой зоне. – Ташкент, Мехнат 1993 г.
3. Рахимов Ш.Х., Бегимов И. В основе - математическое моделирование. – Экологический вестник Узбекистана, №4, 1997 г., с.23-24.

УДК 626.824

## **ОБ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УЧЕТА ВОДЫ ФЕРМЕРСКИМ ХОЗЯЙСТВАМ**

Ю.Ш. Гасанов

*Уздавсувлойиха*

*ФЕРМЕР ХУЖАЛИКЛАРИ УЧУН СУВ ТАКСИМЛАШНИ ВА ХИСОБГА ОЛИШНИ ТАШКИЛ КИЛИШ*

*Гасанов Ю.Ш.*

*Хозирги даврга келиб Узбекистонда 40.4 мингдан ортик фермер хужаликлари булиб, шундан дехкончилик йуналишида 776 минг гектар майдонда 32800 фермер хужалиги фаолият олиб бормокда, бирок хали хал этилмаган муаммолар талайгани. Бизнинг фикримизча буйича куп муаммолар фермер майдони катталикларига богликдир.*

*Бизнинг фикримизча куп муаммолар фермер хужаликларининг майдонларининг катта-кичиклигига богликдир.*

*Кичик майдонга эга булган фермер хужаликларининг куплиги сувни таксимлаш, хисобга олиш, мелиоратив ишларни бажариш ва ирригация тармокларидан фойдаланишни куп томондан мураккаблаштирмоқда.*

*Ушбу мақолада йирик хўжаликларни бартаъраф қилиниб, янги фермер хўжаликларини ташиқил этиши буйича тақлиф ва тавсиялар тақдим этилган.*

В Узбекистане к настоящему времени создано 40,4 тысяч фермерских хозяйств, в том числе в растениеводстве на орошаемой площади 776 тыс. га - 32,8 тысяч. Однако остается много до конца нерешенных вопросов.

В 1999 г. специалисты Узгипроводхоза составили "Предложения по организации распределения и учета воды фермерским участка" для ликвидируемого хозяйства "Огахий" Багатского тумана Хоремский вилоят. Первой задачи ставилось деление орошаемой площади хозяйства на фермерские участки. Местные органы землеустройства предлагали деление на 99 участков, Институт "Узерлойиха" на 130, Узгипроводхоз -: 99 или 86, или 32 участка - 3 варианта.

По нашему мнению, от размеров участков зависит очень многое.

Поскольку рентабельность сельского хозяйства, как и любого производства, зависит от объема производимого товара, т.е. чем больше товара, тем ниже стоимость единицы продажи, необходимо стремиться к увеличению размеров фермерских участков.

Не каждый работник, даже высококвалифицированный специалист по сельскому хозяйству, может стать фермером и в качестве руководителя фермы представлять юридическое лицо, поэтому у многих такая деятельность может кончиться банкротством.

Если размер фермы будет равен 1-2-м поливным участкам, то большинство ферм останется без подъездных дорог. Однако ферма не может быть без подъезда и полевого стана. Полевые станы всегда были рентабельны из расчета один стан на 100-150 га (не только из-за КЗИ, но и по стоимости). Следовательно, размер фермы должен примерно равен бригадному участку.

В развитых капиталистических странах каждый фермер имеет собственную сельхозтехнику. Если вспомнить историю, то был период, когда техника была сосредоточена на машинно-тракторных станциях (МТС). После расформирования МТС техника перешла в руки колхозов. Нашим фермерам также было бы желательно иметь свои сельхозмашины, однако содержать их смогут только крупные фермы.

Распределение и учет воды, мелиоративные работы, эксплуатация ирригационной сети в значительной степени осложняются в случае большого числа маленьких фермерских участков.

Большинство фермеров, особенно при выращивании культур с неглубокой корневой системой, нуждаются в подаче оросительной воды постоянным током в сельском и водном хозяйстве республики повсеместно проводятся сосредоточенные поливы, позволяющие повысить КПД внутривозвратной сети и избежать больших непроизводительных потерь воды на полях. При мелких фермерских участках может произойти возврат к неэффективным способам полива, и дефицит оросительной воды станет еще острее.

Сдаваемый фермеру в аренду участок должен иметь оросительные каналы, подводящие воду и дренаж. В идеале ирригационная и мелиоративная сети должны быть инженерными, что бывает редко, поэтому в будущем обострится вопрос о необходимости реконструкции земель. На малых фермерских участках староорошаемых земель реконструкция будет невозможной без изменения границ ферм. Это будет очень сложным и проблематичным из-за конфликтности ситуаций при перераспределении участков. Реконструкция земель в этом случае потребует больших затрат и будет недостаточно эффективной. На больших фермерских участках в 100-150 га все вопросы реконструкции будут решаться значительно легче.

Формируя свои предложения, мы руководствовались:

- основными положениями Закона о фермерских хозяйствах;
- существующей гидрографией (месторасположением каналов, коллекторов, дорог, границ поселков и др.) и следующими соображениями.

Основные положения и рекомендации по разбивке орошаемых земель на фермерские участки при ликвидации крупных хозяйств.

1. Учитывая нерентабельность сельскохозяйственного производства при возделывании технических пропашных культур (хлопчатника, зерновых и др.) на небольших площадях, необходимо при делении земель на фермерские участки или выделении отдельных участков под фермы стремиться к увеличению размеров участков. Оптимальным размером фермерского участка в растениеводстве является площадь одной полеводческой бригады, так как при этом упрощается вододеление и эксплуатация межфермерских оросительных каналов и коллекторов.

2. Границы фермерских участков следует проводить так, чтобы они совпадали с групповыми оросительным каналом, коллекторов или дорогой и были в плане наиболее прямолинейными.

При криволинейности оросителя его желательно реконструировать со спрямлением до заключения договора с фермером об аренде земли.

В противном случае, совершенствование в проекте гидромелиоративных систем значительно осложнится и может нанести большой ущерб фермерам или привести к удорожанию работ по реконструкции участков.

3. Желательно, чтобы фермерские участки имели наименьшее количество водозаборов. Оптимальный вариант - 1 выдел. Нельзя допускать водообеспечение фермерского участка из двух разных внутривозрастных распределителей.

4. Нельзя допускать, чтобы через фермерский участок проходила автодорога, деля ферму на части. В то же время, к границам каждого фермерского участка должен быть свободный подъезд автотранспорта.

5. В течение одного года фермерское хозяйство должно освоить земельный участок, ежегодно нести расходы по его содержанию, поддержанию и повышению плодородия почвы, соблюдать агротехнические требования.

О планировании водопользования, водораспределения и учета воды.

Функции водопользования, водораспределения и учета воды выполняют участки Райсельводхозов. При дальнейшем развитии фермерства выполнять эти обязанности существующими составом и ресурсами невозможно. Предложения об организации ирригационно-мелиоративных ширкатов не содержат решений организационных, финансовых и других вопросов.

По всей вероятности, нецелесообразно обслуживание фермеров по каждому направлению их хозяйственной деятельности несколькими организациями.

Намного удобнее, если приобретением и поставкой фермерам семян, удобрений, техники, ГСМ мелиоративными и водохозяйственными вопросами будет заниматься Ассоциация (объединение) фермеров, имеющая отделы указанной специализации. Ассоциация может заключать с фермером единый договор на все виды услуг. При этом легче осуществлять необходимые мероприятия, обеспечивающие нормальное функционирование фермерских хозяйств, в том числе водораспределение и мелиорацию.

О гидрометрии. Увеличение количества водопользователей без организации надлежащего учета воды в целях лимитированного водопользования и снижения дефицита воды может привести к ухудшению водообеспеченности земель, расположенных в концевой части оросительных каналов, куда вода может не дойти, что обанкротит фермеров.

В хозяйстве "Огахий" на внутривозвратных оросительных каналах отсутствуют средства для учета воды, преобладающая часть орошаемых земель требует реконструкции, так как каналы имеют земляное русло, сооружений недостаточно, у поливных участков неправильная конфигурация в плане и небольшие и различные размеры. Возвращаясь к вариантам деления земель на фермерские участки, следует указать, что в варианте местных органов 9 участков имеют по несколько точек водозаборов, в варианте "Узерлойиха" таких участков 22, чего быть не должно.

В настоящее время имеется достаточно конструкций водомерных устройств для различных условий. Выпускаются расходомеры и стокомеры, например ССВ-1 (работающий от батарей), необходимо отметить, что главная заслуга в этом - САНИИРИ.

В Хорезмском вилояте земли, а, соответственно, и каналы имеют очень малые уклоны для этих условий ничего другого, кроме "фиксированных русел", предложить нельзя. В то же время, установка водомерных устройств на сооружениях-водовыпусках пока невозможна. Стоимость устройства гидростов и подъездов к ним в зависимости от количества участков колеблется от 0,7 до 1,1 млн. сум (в ценах 1991 г.).

Об организации службы эксплуатации межфермерской гидромелиоративной сети. Независимо от подчиненности, служба эксплуатации межфермерской гидромелиоративной сети должна выполнять следующие основные функции.

- составлять планы водопользования и распределения;
- контролировать техническое состояние каналов, сооружений, гидрометрических постов;
- определять потери воды и КПД в целом межфермерской оросительной сети;
- определять и корректировать расходные характеристики водомерных сооружений;
- оперативно распределять воду между фермами;
- контролировать использование воды;
- осуществлять водный надзор;
- планировать ремонтно-восстановительные работы оросительной сети и КДС;
- осуществлять оперативную связь со службами Райсельводхоза и расшифровывать;
- разрабатывать рекомендации для фермеров по режимам орошения, технике и технологии полива, консультировать фермеров по составлению заявок на воду для поливов и промывок;
- подготавливать заявки (или договора) на ремонтно-восстановительные работы с соответствующими организациями.

В лучшем варианте, служба эксплуатации должна войти как отдел в состав аппарата управления Ассоциации фермеров (или другой аналогичной организации).

В состав службы (как отдела) с 16-23 штатными единицами должны войти: начальник отдела (1 чел.), главный инженер (гидротехник) (1 чел.), инженер-гидротехник (1 чел.), наблюдатели-гидромеры (5-10 чел. в зависимости от количества и размера ферм), водные надзиратели (8-10 чел.).

УДК 502.653

## СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Ш.Х. Рахимов, Н. Гаипназаров

*НПО САНИИРИ*

*УЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ СУГОРМА ЕРЛАРИНИНГ МАВЖУД ЭКОЛОГИК  
МЕЛИОРАТИВ ХОЛАТИ*

*Рахимов Ш.Х., Гаипназаров Н.*

*Гидромелиоратив тармоқларнинг (ГМТ) техник даражасининг ва сугориш техника фойдали иш коэффициентининг (ФИК) насллиги, коллектор-зовур тармоқлари техник ҳолатининг коникарсизлиги туфайли сизот сувлари сатхининг (ссс) кутарилишига, ерларнинг шурланишига олиб келади.*

*Ўзбекистон вилоятларининг экологик ҳолатини баҳолаш ишунки курсатдики, Амударё ва Сирдарё дарёларининг урта ва қуйи оқимларида жайлашган вилоятларда экологик ҳолат номақбул даражада экан. Экологик офатга учраган майдонлар қисми Қорақалпоғистон Республикаси ва Хоразм вилоятида 0,49 ни, Сирдарё вилоятида 0,45 ни ва Бухоро вилоятида 0,31 ни ташиқил қилади.*

Прибавка урожайности сельскохозяйственных культур вследствие применения удобрений обусловлено искусственным восполнением убыли в почве важнейших компонентов минерального питания растений. Для восполнения дефицита питательных элементов (НРК) широко применяются минеральные удобрения (табл. 1). При интенсивном режиме промывки коэффициент использования азотных и калийных удобрений не превышает 40-50 %, фосфорных - 30 %, остальная часть вымывается из почв, накапливается в грунтовых водах и вместе с дренажными водами поступает в реки.

Возрастающее использование пестицидов в процессе интенсификации сельского хозяйства определяется что биотические факторы, для борьбы с которыми и предназначены пестициды, служат причиной потерь более 35 % мирового урожая сельхозпродуктов, в том числе за счет вредных животных и насекомых - 14 %, болезней - 12 %, сорной растительности - 9 % [1].

Остаточное содержание пестицидов в почвах определяется с учетом персистентности и куммулятивного эффекта их применяемым количеством.

По многолетним данным о концентрации пестицидов в почвах Узбекистана позволяют рассчитать их суммарные остатки, которые достигают 1-7 кг/га или 3-20 % ежегодного объема их применения. Даже с учетом процессов детоксикации, интенсивность которых может обусловить их разложение в объеме до 10 кг/га в год, величина избыточного обмена пестицидами между почвой и другими компонентами окружающей среды представляется весьма значительной - ориентировочно до 15 кг/га год [1].

По данным проекта ВАРМАП, многие пестициды используются сверх нормы. Например, в 1997 г. на контрольных полях следующие пестициды использовались больше нормы: Нурель Д - 12,5 кг/га; БИ-58 - 9,5кг/га; Фазалон - 4,5 кг/га; Омаит -

19,4 кг/га; Бульдок - 2,8 кг/га; сера молотая - 26,5 кг/га, Фундозол - 7,6 кг/га; Устекс - 5,8 кг/га.

При низком техническом уровне гидромелиоративных систем (ГМС) и коэффициента полезного действия (КПД) техники полива, неудовлетворительном техническом состоянии коллекторно-дренажной сети потери воды приводят к подъему уровня грунтовых вод, засолению почв, на площадях с близким залеганием уровня грунтовых вод (УГВ) накапливается максимальное количество нитратов.

С учетом современного технического уровня ГМС, данных эксплуатационной гидрометрии Минсельводхоза, о потерях воды из оросительной сети используя зависимость, предложенную В.Х.Хачатуряном и И.М.Айдаровым [2] мы провели оценку экологомелиоративного состояния орошаемых земель в вилоях Республики.

$$\bar{\Xi} \approx 1 - e^{-(\alpha_1 q + \rho_1)},$$

где  $\bar{\Xi}$  - относительная степень ухудшения экологического состояния (доля площади, подверженной экологическому поражению);

$\alpha_1$  - коэффициент, зависящий от вида загрязнителя (ядохимикаты, нитраты и т. п.);

$\rho_1$  - параметр, характеризующий комплекс природных условий (мощность мелкозема, фильтрационные свойства грунтов и др.) при УГВ < 2-0,5 м; при УГВ 2-3 м - 0,2; при 3-5 м - 0,05;

$q$  - потери воды из оросительной сети.

Средневзвешенные результаты оценки эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель по вилоям приводятся табл. 2.

Результаты оценки показали, что в экологически неблагоприятном состоянии находятся области в среднем и нижнем течении р. Амударья и Сырдарья. Доля площадей, подверженных экологическому поражению в Республике Каракалпакстан и Хорезмском вилояте, составляет 0,49 %, в Сырдарьинском - 0,45 %, в Бухарском вилояте - 0,31 %.

В этих вилоях следует регулированием водно-солевого режима свести к минимуму зону активного солеобмена, исключить испарение грунтовых вод и вторичное засоление почв. Для этого необходимо поддерживать достаточно мощную зону аэрации, аккумулирующую соли; уменьшить инфильтрацию оросительных вод и перенос веществ из биологического в геологический круговорот.

Прогнозные расчеты показывают, что в Бухарском вилояте при условиях поддержания уровня грунтовых вод на глубине 2,5-3,0 м, повышения КПД техники полива до 0,75 и КПД системы каналов - до 0,80 по туманам коэффициент использования воды (КИВ=КПД систем\*КПДт.п) увеличится по сравнению с существующими значениями 0,38-0,42 до 0,58-0,62 и значительно улучшается экологическое состояние орошаемых земель за счет снижения степени негативного воздействия (Эк) по районам до 0,14-0,30.

В Сырдарьинском вилояте при поддержании уровня грунтовых вод на глубине 2,10-2,60 м, повышении КПД техники полива до 0,75 и КПД системы каналов до 0,80 КИВ по туманам увеличится по сравнению с существующими значениями от 0,44-0,53 до 0,60-0,62, степень негативного воздействия (Эк) снизится в среднем по вилояту с 0,45 до 0,24.

Для регулирования уровня грунтовых вод на необходимых глубинах в туманах Бухарского и Сырдарьинского вилоятов САНИИРИ разработаны рекомендации по откорректированному режиму откачек из системы вертикального дренажа [3].

ПО "Водпроект" рекомендует проведение мероприятий по реконструкции орошаемых земель, совершенствованию бороздового полива путем использования технических средств и выполнения планировочных работ в первую очередь в районах 2-й категории устойчивости полива (А-2, А-3, Б-2, В-2, и Г-2). В Бухарском вилояте площади орошаемых земель, относящейся к 2-й категории по устойчивости полива составляют 2,5 тыс. га, в Сырдарьинском вилояте - 32,4 тыс. га.

В районах 3-й категории устойчивости полива (Г-1, В-1, Б-1, А-4, Б-5, А-1, А-5) рекомендуется, переходить на более современные способы полива- дождевание или капельное орошение. Площади орошаемых земель, относящиеся и к 3-й категории устойчивости полива, в Бухарском вилояте составляют 39,0 тыс. га, в Сырдарьинском- 3,3 тыс. га, в Хорезмском 46,5 тыс. га.

В районах, относящихся к 1-ой категории устойчивости полива (Б-4, В-3, В-4, В-5, Г-3, Г-4, Г-5, Б-3) с высокими показателями расчетной потенциальной урожайности совершенствование бороздкового полива должно осуществляться на перспективу.

Таблица 1

**Использование минеральных удобрений в вилоятах Узбекистана  
(тыс. тонн в 100 % действующего вещества)**

№	Вилоят	Всего	Удобрения, в. т. ч.		
			Азотные	Фосфорные	Калийные
1.	Республика Каракалпакстан	42,74	39,05	3,69	
2.	Андижанский	48,43	38,93	9,21	0,29
3.	Бухарский	58,03	47,63	8,36	2,04
4.	Джизакский	31,95	27,51	3,57	0,87
5.	Кашкадарьинский	71,23	55,62	13,42	2,19
6.	Навоийский	19,54	15,82	2,69	1,03
7.	Наманганский	54,75	43,60	7,52	3,63
8.	Самаркандский	51,78	44,31	10,47	
9.	Сурхандарьинский	43,79	44,49	4,96	2,33
10.	Сырдарьинский	50,47	32,65	9,03	2,11
11.	Ташкентский	62,90	38,05	12,42	
12.	Ферганский	76,32	51,85	11,05	
13.	Хорезмский	76,32	60,50	15,20	0,62
Итого:		688,25	540,01	111,59	15,11



**Табл 2**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самойленко В., Якубова Р., Кохаров А. Охрана подземных вод. Ташкент, Мехнат, 1987 г.
2. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.М. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря. Мелиорация и водное хозяйство. 1990. - №12; 1991. - №1.
3. Гаипназаров Н. Рекомендации по откорректированному режиму откачек из системы вертикального дренажа в Бухарской и Сырдарьинской областях. Утв. Минсельводхозом, САНИИРИ, Ташкент, 1998 г.

УДК 556.18 (262.83)

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ПРИМЕРЕ НИЗОВЬЕВ АМУДАРЬИ

М.Х. Хамидов

ТИИИМСХ

*СУГОРИЛАДИГАН ЕРЛАРДА СУВ МАНБАЛАРИДАН ОКИЛОНА ФОЙДАЛАНИШ (Хоразм ва Коркалпокистон мисолида)*  
Хамидов М.Х.

*Сув усимлик ривожланиши даврининг асосий омилларидан биридир. Усимлик танасида содир буладиган барча усии жараёнлари, усимлик хужайралари сув билан етарлича таъминланган холатда мутаъдил утади. Маълумки, сувни усимлик илдизлари ёрдамида олади, шу вақтда сув билан биргаликда озикка моддаларини хам узлаштирида, ва бу озиккалар усимлик танасида мураккаб био-кимёвий жараёнлар натажасида органик моддаларга айланади. Усимлик мукобил усии, ривожланиши ва хосилни шаклланиши учун маълум микдорда сув сарфлайди. Даладаги сув сарфи эса усимлик узидан сув буглантириши ва тупрокдаги табиий иклим шароитларига хос бугланадиган сувлар йигиндисан иборат.*

### 1. Режим орошения сельскохозяйственных культур и факторы, определяющие его

Вода является одним из важнейших факторов жизнедеятельности. Все жизненные процессы, происходящие в растительном организме, могут нормально протекать только при условии достаточного насыщения клеток водой. Известно, что растения потребляют воду с помощью корневой системы. Одновременно с водой через корневые волоски в растение поступают и питательные вещества, которые затем в результате сложных биохимических процессов превращаются в органическое вещество, из которого состоит само растение. Усвоение почвенной влаги может происходить только при непосредственном соприкосновении корней с водными накоплениями в почве.

Для нормального роста, развития и формирования урожая растениями расходуется определенное количество воды. Водопотребление поля складывается из транспи-

рации растений и испарения влаги с поверхности почвы. Оно зависит от целого ряда факторов:

- климатических условий (температура воздуха, количество осадков и распределение их во времени, интенсивность испарения и др.);
- почвенно-мелиоративных условий (гранулометрический состав, водно-физические свойства, степень и характер засоления, агрегатное строение);
- гидрогеологических условий (глубина залегания и минерализация грунтовых вод, условия притока и оттока, их динамика во времени);
- водообеспеченности района;
- хозяйственно - экономических условий (применяемая агротехника, плодородие почв, способ и техника орошения);
- вида и фазы развития сельскохозяйственных культур.

Режим орошения - это оптимальное число поливов, их правильное распределение по фазам роста и развития возделываемой сельскохозяйственной культуры поливные и оросительные нормы, обеспечивающие получение наибольшего урожая в конкретных природных условиях. Ограниченность водных ресурсов в Узбекистане требует рационального расходования оросительной воды. Важным резервом дальнейшего развития орошаемого земледелия и повышения его продуктивности является рациональное использование оросительной воды с учетом природных, ирригационно-хозяйственных условий и биологических особенностей растений при наиболее эффективном использовании водных ресурсов.

Оптимальный режим орошения сельскохозяйственных культур обеспечивает получение высоких и устойчивых урожаев, поддерживает хорошее мелиоративное состояние и высокое плодородие орошаемых земель при экономных нормах расходования воды.

## **2. Определение сроков полива сельскохозяйственных культур. Режим предполивной влажности почвы**

Для диагностирования сроков полива сельскохозяйственных культур предложен ряд методов их определения: по влажности почвы, физиологическим показателям, внешним признакам растений и по узлу цветения.

Сроки поливов можно определить по следующим внешним признакам; изменению окраски листьев до темно - зеленого цвета, отсутствию хрустов при изломе главной жилки листа в 2-3 дня. Для этого по диагонали участка берут не менее 3-40 растений на 1 га.

Положение цветка хлопчатника от точки роста главного стебля также является достаточно надежным показателем для определения срока очередного полива в период плодообразования. Поливы нужно проводить так, чтобы перемещение верхнего цветка хлопчатника к точке роста происходило постепенно и междоузлия имели расстояние 4-5 см.

Для определения срока поливов по ККС листьев в дневное время (с 10 до 17 ч) срывают третий от точки роста лист, выжимают ручным прессом сок и с помощью ручного рефлектометра определяют содержание сухих веществ.

Сосущая сила листьев является показателем состояния водного режима растений и может быть использована для диагностирования сроков полива. При хорошей обеспеченности растений водой сосущая сила листьев мала, и наоборот, при недостатке влаги в почве она возрастает.

Наиболее распространенным методом определения сроков полива является полив по влажности почвы. Нижняя граница оптимальной влажности почвы, выраженная

в процентах от НВ, для различных почв имеет некоторые отклонения. Отыскание нижнего предела оптимальной влажности почвы в различных конкретных условиях и составляет задачу опытов с поливами сельскохозяйственных культур по влажности почвы. В этих опытах наперед задаются не сроки и не нормы поливов, а влажность в процентах от наименьшей влагоемкости (НВ).

Результаты полевых исследований, проведенных в низовьях Амударьи, показывают, что наиболее благоприятные условия для роста, развития и накопления урожая создаются

- для хлопчатника - при режиме предполивной влажности 70-80-60 % от НВ в слое 0-50 см до цветения, 0-70 см в период плодообразования и 0- 50см в период созревания.

- для люцерны, независимо от возраста, - при режиме 80 % от НВ в слое 0-50 см до первого уноса люцерны в год посева, 0-100 см при последующих уносах и на люцерне прошлых лет, независимо от уноса;

- для кукурузы - при режиме предполивной влажности почвы 80-80-60 % от НВ в слое от выметания метелки до молочно-восковой спелости, - 50 см в период полной спелости.

Наиболее благоприятные условия для роста, развития и накопления урожая в Чирчик-Ангренской долине создаются

- для хлопчатника - на луговых, тяжелосуглинистых почвах при режиме предполивной влажности почвы 70-75-60 % от НВ в слое 0-50 см до цветения, 0-70 см - в период плодообразования и 0-50 - в период созревания и на лугово-сероземных легкосуглинистых почвах - при режиме предполивной влажности почвы 70-75-60 % от НВ в слое 0-70 см до цветения. 0-100 см - в период плодообразования и 0-70 см - в период созревания, на фоне минеральных удобрений 200 кг азота, 150 кг фосфора и 100 кг калия;

- для пшеницы на луговых, тяжелосуглинистых почвах - при режиме предполивной влажности почвы 75 % о НВ;

- для картофеля на типичных, среднесуглинистых почвах - при режиме предполивной влажности почвы 70-80 % от НВ.

### **3. Поливные и оросительные нормы**

Экономное использование оросительной воды и получение устойчивых урожаев во многом зависят от правильного определения размеров поливных и оросительных норм.

Основным методом установления оптимального числа поливов, их распределения по фазам роста и развития растений, а также размера поливных и оросительных норм являются результаты полевых опытов по гидромодульным районам, в которых изучается эффективность различных режимов предполивной влажности почвы. Поэтому режим орошения сельскохозяйственных культур по гидромодульным районам составляется на основании результатов научных исследований.

Поливная норма - объём, подаваемый на 1 га за один полив. Она зависит от механического состава почвы, уровня грунтовых вод, расчетного слоя увлажнения почвы, способа полива и биологических особенностей культуры.

Оросительная норма - объём воды, подаваемой на 1 га за весь вегетационный период. Исследования, проведенные в низовьях Амударьи, показывают, что оптимальной оросительной нормой хлопчатника на легкосуглинистых почвах с уровнем грунтовых вод в период вегетации 1,5-2,0 м является 5000- 5500 м<sup>3</sup> /га. Такая оросительная норма подается за 6 поливов по схеме 2-3-1 поливными нормами 700-1000 м<sup>3</sup> /га. На

тяжелосуглинистых почвах с уровнем грунтовых вод в период вегетации 1,0-1,5 м оптимальная оросительная работа 4000-4500 м<sup>3</sup>/га, подаваемая за 4 полива с поливными нормами 800- 1100 м<sup>3</sup>/га по схеме 1-3-0.

Главной особенностью режима орошения хлопчатника и других культур, применяемого на практике в Хорезмской оазисе, является то, что каждый полив состоит из нескольких тактов подачи воды в поливные борозды, следующих друг за другом после того, как вода, заполнившая борозды, впитывается. Число таких тактов за один полив варьирует от 2 до 4. Эта технология, получившая название “тактного” полива, используется на большинстве поливных карт.

Оптимальной оросительной нормой люцерны первого года произрастания на землях с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод при поливе напуском по полюсам на легкосуглинистых почвах является 5800-5900 м<sup>3</sup>/га, она распределяется на 8-9 поливов по схеме 3-3 (4) -2 между уносами поливными нормами 600-700 м<sup>3</sup>/га. На тяжелых почвах оптимальной является оросительная норма 5300 - 5400 м<sup>3</sup>/га, которая между уносами распределяется по схеме 2-3-2 поливными нормами 700- 800 м<sup>3</sup>/га.

Изучение режима орошения люцерны прошлых лет показывает, что оптимальной оросительной нормой является 7000-8000 м<sup>3</sup>/га, которая распределяется по схеме 0 (1) - 2-2-1-1 поливными нормами 1000- 1200 м<sup>3</sup>/га.

Научное обобщение полученных материалов показало, что оптимальной оросительной нормой кукурузы на луговых, легкосуглинистых почвах Хорезмской оазиса является 4600 м<sup>3</sup>/га, при этом поливные нормы составляют 600-800 м<sup>3</sup>/га.

Оптимальной оросительной нормой кукурузы на тяжелых, облегчающихся к низу почвах, является 4000-4800 м<sup>3</sup>/га, и распределяется на 6 поливов поливными нормами 700- 950 м<sup>3</sup>/га по схеме 2-3-1.

Анализ данных, полученных в Чирчик - Ангреной долине, показывает, что оптимальной оросительной нормой хлопчатника на тяжелосуглинистых луговых почвах с уровнем грунтовых вод в период вегетации 1-2 м является 2850- 3000 м<sup>3</sup>/га. Такая оросительная норма подается за 4 полива по схеме 1-2-1 поливными нормами 675-750 м<sup>3</sup>/га, на среднесуглинистых сероземно-луговых почвах с уровнем 2-3 м - 3900-4100 м<sup>3</sup>/га, и подают за 5 поливов поливными нормами 735-893 м<sup>3</sup>/га по схеме 1-3-1.

Оптимальной оросительной нормой озимой пшеницы на тяжелосуглинистых луговых почвах с неглубоким залеганием грунтовых вод является 2650-2800 м<sup>3</sup>/га, которая распределяется на 4 полива по схеме 1-2-1 поливными нормами 600- 700 м<sup>3</sup>/га.

Для позднего картофеля оптимальной оросительной нормой на среднесуглинистых типичных сероземах является 5600 м<sup>3</sup>/га, которую подают за 8 поливов поливными нормами 600- 800 м<sup>3</sup>/га.

#### **4. Гидромодульное районирование**

В основу принципов гидромодульного районирования и установления оросительных норм сельскохозяйственных культур в хлопковой зоне Узбекистана положены разработки УзНИХИ.

Гидромодульное районирование - это деление территории на таксономические единицы с целью высокоэффективного использования земельно-водных ресурсов и установления научно- обоснованных, дифференцированных режимов орошения, обеспечивающих получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур при экономном расходовании оросительной воды.

При гидромодульном районировании выделено 4 таксономических единицы: 1. почвенно-климатический округ или оазис; 2 почвенно-климатические зоны; 3 почвенно-мелиоративных области; 4 гидромодульных района. Почвенно-климатические

округ - часть территории республики со свойственными ей геоморфологическими, климатическими, гидрологическими, почвенно-мелиоративными условиями. Почвенно-климатическая зона - часть почвенно-климатического округа с однородными метеорологическими условиями и одним типом почвообразования. Почвенно-мелиоративная область - часть почвенно-климатической зоны с однородными гидрогеолого-мелиоративными условиями и генетической близостью почвообразовательного процесса. Гидромодульный район - часть почвенно-мелиоративной области, характеризующаяся близкими показателями мощности почвенного покрова, механического состава, строения и сложения почвогрунта в слое аэрации, водно-физических свойств, уровня грунтовых вод, определяющими в целом размер и режим орошения сельскохозяйственных культур, и ординату гидромодуля.

По данному районированию земли существующего и перспективного орошения низовьев Амударьи относятся к одной почвенно-климатической зоне - зоне пустынных почв, Чирчик-Ангренской долины - к одной почвенно-климатической зоне - зоне сероземных вод. В пределах этой почвенно-климатической зоны выделяются следующие почвенно-мелиоративные области:

- почвы автоморфного ряда с уровнем грунтовых вод (УГВ) 3 м и более;
- почвы переходного (полугидроморфного) ряда с УГВ 2-3 м;
- почвы гидроморфного ряда с УГВ 1-2 м.

В зависимости от мощности, механического состава, строения и сложения почвогрунтов в слое аэрации и глубины грунтовых вод в низовьях Амударьи выделено 12 гидромодульных районов, в Чирчик - Ангренской долине - 9 (табл. 1).

Таблица 1

### Характеристика почвогрунтов гидромодульных районов

Номер гидромодульного района	Характеристика почвогрунтов
I	Почвы автоморфного ряда (УГВ - 3 м и более), маломощные (0,2: 0,5 м) суглинистые и глинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощные песчаные
II	Среднемощные (0,5 - 2,0 м) суглинистые и глинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощные супесчаные и легкосуглинистые.
III	Мощные (1,0 м и более) средне - и тяжелосуглинистые и глинистые
<b>Почвы переходного ряда</b>	
IV	Песчаные и супесчаные, а также мало- и среднемощные суглинистые и глинистые
V	Легко - и среднесуглинистые, однородные, тяжелосуглинистые, облегчающиеся книзу
VI	Тяжелосуглинистые и глинистые, однородные, разные по механическому составу, слоистые.

Продолжение табл. 1

**Почвы гидроморфного ряда**

Номер гидромодульного района	Характеристика почвогрунтов	Уровень грунтовых вод, м
VII <sup>a</sup>	Песчаные супесчаные, а также мало-среднемощные, суглинистые и глинистые	1,0-1,5
VII <sup>b</sup>		1,5-2,0
VIII <sup>a</sup>	Легко- и среднесуглинистые, однородные тяжело-суглинистые, облегчающиеся книзу	1,0-1,5
VIII <sup>b</sup>		1,5-2,0
IX <sup>a</sup>	Тяжелосуглинистые и глинистые, однородные, разные по механическому составу, слоистые	1,0-1,5
IX <sup>b</sup>		1,5-2,0

Почвы автоморфного ряда (с уровнем грунтовых вод более 3 м) разделены на 3 гидромодульных района с учетом мощности почвенного слоя и механического состава. При этом суглинистые и глинистые мощные почвы объединены в один район с учетом незначительных различий в водопотреблении. Мощные песчаные и супесчаные почвы резко отличаются от мощных суглинистых и глинистых по водно-физическим свойствам, водоудерживающей способности и запасом продуктивной влаги. На этих почвах необходимо проведение более частых поливов уменьшенными поливными нормами при более высоком расходе оросительной воды (на 10-15 %). Поэтому эти почвы выделены в отдельные гидромодульные районы.

Почвы переходного (глубина грунтовых вод 2-3 м) и гидроморфного (глубина грунтовых вод 1-2 м) рядов разделены на три гидромодульных района каждый. При этом учитывались факторы, определяющие высоту капиллярного поднятия грунтовых вод и ее скорость. Песчаные, супесчаные, маломощные и среднемощные почвы характеризуются небольшой высотой капиллярного поднятия - не более 1 м. Однородное или более облегчающееся книзу строение почвогрунтов повышает высоту капиллярного поднятия. На тяжелых резко слоистых почвогрунтах, а также суглинках, утяжеляющихся книзу по механическому составу, высота и скорость передвижения влаги грунтовых вод значительно меньше, чем на средне, легкосуглинистых, однородных или тяжело-суглинистых, облегчающихся книзу.

УДК 627.15

## РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОТИВОПАВОДКОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА РЕКЕ АМУДАРЬЯ

Х.А. Исмагилов

САНИИРИ

*АМУДАРЁ ДАРЁСИННИНГ УЗАН УЗГАРИШЛАРИ ВА ХИМОЯЯ ЧОРАЛАРИ*  
Исмагилов Х.А.

*Маколада Амударёда тугонлар курилгандан кейин дарёдаги сув ва окизиклар режими урганиб чикилган, лойкалашишни аниклайдиган формуланинг айрим ноъмалум курсатгичлари аникланган.*

*Амударё сувининг бошкарилган холатида илмий изланишларнинг асосий йуналиши берилган. Булар:*

- 1. Узан узгаришларини урганиб, каналларга керакли сувни уз вақтида олиб бериши ва тошкин сувларини хавф-хатарсиз утказиб юбориши чораларини тавсия этиши.*
- 2. Окизиклар чуқишини, узан ювилишини урганиши ва уларни хисоблаш услубини такомиллаштириши.*
- 3. Амударёнинг сув ва окизиклар режимини урганиши, ва узаннинг гидравлик хисоби услубини такомиллаштириши.*
- 4. Дарёдаги сувнинг музлашини урганиши ва кишки сувларни хавф-хатарсиз утказиб юбориши чораларини ишлаб чиқиши.*
- 5. Химоя ва бошқариши иншоотларининг конструкциясини ва хисоблаш услубини такомиллаштириши.*

В нижнем течении р. Амударьи в настоящее время действуют Туямуюнское водохранилище и Тахиаташский гидроузел. Ввод в эксплуатацию Туямуюнского гидроузла (1982 г.) с несколькими водохранилищами общей емкостью более 6 км<sup>3</sup>, в том числе русловое водохранилище емкостью 2 км<sup>3</sup>, изменил водный и наносный режим р. Амударьи в нижнем течении. Степень зарегулированности стока гидроузлом в зависимости от водности года составляет от 7 до 20 %; Степень осветления потока - от 50 до 100 %. Произошло сглаживание гидрографа расхода. Если при бытовом режиме через створ Туямуюна имел максимальный расход до 8000 м<sup>3</sup>/с, то в условиях зарегулированного стока значения максимального расхода не превышали 4500 м<sup>3</sup>/с, хотя в водохранилище поступал 6000 м<sup>3</sup>/с и более.

В результате задержания в чаше водохранилища наносов наблюдалось отложение наносов зависимости от водности года от 50 до 120 тыс.т в год в год и произошел подъем dna водохранилища. За 18 лет эксплуатации заилено 50 % регулирующей емкости русловой части водохранилища. Заиление и подъем dna отмечены даже в створе Дарганата, расположенном на 150 км выше гидроузла, и в многоводные годы существует угроза размыва, перелива воды через продольные защитные дамбы и затопления прибрежных земель.

В бытовом состоянии в створе водохранилища среднемесячная многолетняя мутность составляла от 1,3 до 7,2 кг/м<sup>3</sup>, максимальная суточная мутность потока дохо-



дила до  $20 \text{ кг/м}^3$ . В условиях зарегулированного стока мутность уменьшается по сравнению с бытовым от 5 до 50 раз. Это соотношение сохраняется и сейчас, после 28-летней эксплуатации, в период наполнения водохранилища (октябрь-апрель). В летний период, т.е. период вегетации, мутность потока, выходящего из водохранилища, больше, чем в период наполнения. По мере эксплуатации водохранилища росло заиление емкости, за последние годы наблюдения увеличилась мутность потока, выходящего из водохранилища в период вегетации, по сравнению с началом эксплуатации.

При бытовом режиме в створе водохранилища наблюдается уменьшение мутности по длине, ниже по течению. В условиях зарегулированного стока имеют место три случая изменения мутности по длине, ниже водохранилища.

*1 случай.* Начальная мутность потока, выходящего из водохранилища, меньше, чем транспортирующая способность потока. При этом случае происходит размыв русла и поток дополнительно насыщается потоком наносами.

*2 случай.* Начальная мутность потока за водохранилищем больше, чем его транспортирующая способность. В этом случае поток не в состоянии транспортировать все наносы, и ниже по течению в русле реки отлагаются наносы, т.е. происходит заиление русла.

*3 случай.* Мутность потока равна его транспортирующей способности потока, и изменения мутности по длине, ниже по течению, не происходит.

Первый случай в течение года наблюдался чаще, чем другие. В результате ниже водохранилища происходил размыв русла, который в настоящее время достиг максимальной величины 3 м. Размыв распространился вниз по течению на длину 40-45 км. В начале эксплуатации размыв дна происходил более интенсивно, составляя в год 0,25-0,35 м. В настоящее время он ослаблен и имеет величину 0,05-0,15 м. По длине вниз по течению по мере насыщения потока наносами, соответствующего транспортирующей способности потока, размыв дна прекращается.

В соответствии с изменениями мутности потока ниже водохранилища произошло изменение и его транспортирующей способности.

Анализ транспортирующей способности потока выполнен, используя зависимость

$$\rho = K \frac{V^m}{(gH)^n \omega^a}$$

- где  $\rho$  - средняя мутность потока, соответствующая его транспортирующей способности;
- $V$  - скорость потока;
- $\omega$  - гидравлическая крупность наносов;
- $H$  - средняя глубина потока;
- $K$  - коэффициент пропорциональности;
- $m, n, a$  - показатели степеней.

Численные значения  $k, m, n, a$  определены по данным р. Амударьи для створа Туямуюн, расположенного ниже водохранилища и характеризующего зону размыва, створа Кипчак, расположенного на 185 км ниже водохранилища и характеризующего транзитную зону наносов р. Амударьи; створа Ниетбойтов, расположенного в 12 км выше Тахиаташского гидроузла и характеризующего зону подпора потока. Статистическая обработка дала следующие значения коэффициента и показателей степеней:

для створа Туямуюн	- $K = 0,11$ ; $m = 0,27$ ; $n$ и $a = 0,09$ ;
для створа Кипчак	- $K = 0,12$ ; $m = 0,92$ ; $n$ и $a = 0,32$ ;
для створа Ниетбойтов	- $K = 0,06$ ; $m = 0,96$ ; $n$ и $a = 0,33$ ;
для бытового состояния реки	- $K = 0,45$ ; $m = 0,88$ ; $n$ и $a = 0,29$ ;

Как показывают данные, в условиях зарегулированного стока значение коэффициента  $K$  по сравнению с бытовым значительно меньше (почти в 4 раза) и составляет 0,12. Непосредственно за плотинной резко снижаются значения показателей степеней  $m$ ,  $n$ ,  $a$ , которые для створа Туямуюн были почти в 3,5 раза меньше бытовых. По мере удаления потока от плотины вниз по течению эти показатели растут, т.е. происходит насыщение потока наносами, и к створу Кипчак поток подходит с насыщенностью, соответствующей транспортирующей способности потока для этого участка реки.

Значения коэффициента  $K$  для створов Туямуюн и Кипчак почти одинаковы, т.е. по мере удаления потока от плотины изменений в нем не наблюдается.

Ниже створа Кипчак поток подходит к подпорной зоне Тахиаташского гидроузла. Для створа Ниетбойтов значения коэффициента  $K$  в 2 раза ниже по сравнению со створом Кипчак; значения показателей степеней не меняются.

Таким образом, в зоне размыва увеличивается мутность в основном за счет изменения гидравлических параметров потока. В зоне подпора снижение мутности наблюдается в основном за счет уменьшения значений коэффициента.

В 1981 г. отделом русел была составлена "Схема регулирования русла р. Амударьи на участке Туямуюн–Кипчак (протяженность 185 км)", утвержденная Минводхозом. Схемой предусматривалось регулирование русла реки путем двустороннего стеснения траверсными дамбами из местного грунта с закрепленными каменными оголовками до ширины, соответствующей устойчивой ширине при руслоформирующем расходе  $6000 \text{ м}^3/\text{с}$ . Схемой предусматривалось строительство 255 шт. дамб длиной от 300 м и до 1500-2000 м каждая. Схема была реализована в 1982–85 гг., благодаря чему до 1992 г. по р. Амударье не происходили размывы и затопления прибрежных земель в летние паводки.

Однако, в период 1992-1994 гг. прохождение паводковых вод по р. Амударье ниже Туямуюна, превышающих расход  $4000 \text{ м}^3/\text{с}$ , сопровождалось размывом берегов и дамб с угрозой затопления прибрежных земель. Проведенные обследования и анализ работы дамб показали, что при строительстве дамб рекомендации САНИИРИ выполнялись не в полной мере, нарушалась компоновка сооружений, не выдерживалось расстояние между дамбами. Дамбы сгруппированы «кустами», расстояния между ними внутри группы уменьшены в 2-3 раза по сравнению со «Схемой...», а между группами - увеличены во столько же раз. Длина дамб часто не соответствует рекомендациям САНИИРИ - одни из них слишком далеко выходят в реку, другие - не достигают необходимой длины, при этом ширина зарегулированного русла превышает ширину устойчивого, что создает условия для блуждания потока. Зачастую не выдержан угол установки сооружения, конструкция дамб выполнена с нарушением рекомендаций - оголовки укреплены не в полном объеме, часто они вообще отсутствуют, ширина дамб по верху (20 м) меньше расчетной.

Все отмеченные недостатки снижают эффективность работы сооружений, а в отдельных случаях делают бесполезной их работу. Обследование показало, что в тех случаях, когда при строительстве дамб их компоновка и конструкция соответствовали рекомендациям САНИИРИ, сооружения устояли и выполняют до сих пор свое назначение.

Для предотвращения дальнейших размывов берегов, смыва освоенных земель, сооружений, поселков на участке р. Амударьи от Туямуюна до Кипчака необходимо уточнить и внести корректировку в «Схему регулирования русла р. Амударьи...» с учетом изменившихся условий и уже построенных сооружений.

В районе г. Кипчак и в зоне влияния подпора Тахиаташского гидроузла из-за подъема дна уменьшилась пропускная способность русла реки. Как показали наблюдения, в 1998 г. при прохождении паводка в этих районах уровень воды в реке при расходе 4000 м<sup>3</sup>/с достиг такого уровня, который раньше наблюдался только при прохождении объема, равного 6000 м<sup>3</sup>/с. Подъем уровня воды и затопление прибрежных земель происходят и зимой в результате ледовых образований.

С целью безопасного пропуска паводковых вод составлена схема регулирования русла реки Амударьи от г. Кипчак до Тахиаташского гидроузла, которой предусмотрено усиление существующих продольных дамб вдоль обоих берегов реки и строительство нескольких новых траверсных дамб.

Для участка реки от Тахиаташского гидроузла до Междуреченской дамбы отделом русел в соответствии с заданием Аралводпроект составлена схема регулирования русла. Схема включает выполнение трех спрямлений излучин общей длиной 11 км и строительство системы траверсных дамб из местного грунта с целью придания руслу реки устойчивого сечения, защиты берегов от размывов и увеличения площадей земель под сельхозугодья. В настоящее время схема реализуется поэтапно.

На головных участках Каршинского (КМК) и Амубухарского (АБМК) магистральных каналов р. Амударьи также происходит блуждание потока и размыв берегов, усиливающийся в многоводные годы. Так, в 1990-1991 гг. в районе водозабора КМК фарватер потока выше мыса Пулизиндан переместился в левую сторону, а после мыса в правую сторону. В обоих случаях потоком были размывы хлопковые поля. Ниже водозабора поток, размыв поля, вплотную подошел к населенному пункту Кызыляк, угрожая затоплением. Для предотвращения дальнейшего размыва в 1993 г. нами совместно с представителями институтов Средазгипроводхлопок и Туркменгипроводхоз было предложено строительство в районе поселка Кызыляк пять коротких шпор длиной по 30 м каждая. В 1994 г., совместно с вышеназванными институтами, были составлены схемы капитальных мероприятий и русло регулировочных работ с использованием системы шпор САНИИРИ для обеспечения гарантированного водозабора из Каршинского магистрального канала и защиты прибрежной полосы р. Амударьи. В соответствии со схемой, прижатием основного русла р. Амударьи к головной части водозабора с помощью поперечных дамб из местного грунта и с закреплением их оголовков обеспечивается плановый водозабор, транзит наносов, а также защита прибрежной территории. В 1994 г. начата реализация этой схемы, и в настоящее время построены 3 шпоры из намеченных 15.

Предложено также регулировать русло р. Амударьи односторонними поперечными дамбами АБМК путем искусственного сужения основного русла реки до устойчивой ширины в сторону левого берега.

Кроме системы шпор для регулирования русла реки используется способ спрямлений излучин с помощью прорезей. Этот способ предусматривает отвлечение части расхода от участка дейгиша в целях ослабления размыва берегов. Характерная и основная черта этого способа - возможность использования силы самого речного потока, выработывающего себе русло требуемой формы. Применение отвлекающих прорезей для регулирования русла позволяет эффективно использовать энергию речного потока для создания основных размеров русла с максимальными затратами на защиту берегов от размыва.

В заключение можно отметить, что в результате частичного зарегулирования стока р. Амударьи Туямуонским водохранилищем, строительства Тахиаташского гидроузла и регулирования русла реки ниже Туямуона длиной 185 км, а также роста отбора воды в каналы, продольный профиль русла р. Амударьи переформировал (рис.).

В районах бесплотинных водозаборов из-за нарушения баланса наносов дно р. Амударья ниже водозаборов поднялось на 0,5-1,0 м.

Русловая обстановка ухудшилась в верхних бьефах водохранилищ и гидроузлов интенсивное отложение наносов также привело к подъему дна. В нижнем бьефе гидроузла в результате размыва произошло понижение дна русла. Процесс переформирования русла продолжается и в настоящее время, и для предотвращения отрицательных последствий этого процесса требуется проведение специальных мероприятий.

Исходя из вышесказанного, основными научными проблемами, которые требуют решения в условиях зарегулированного стока воды в реках, являются:

- исследование русловых процессов и разработка мероприятий по обеспечению гарантированного водозабора в магистральные каналы и сезонного попуска паводковых вод по руслам рек;
- изучение формирования наносных отложений и общего размыва в зоне влияния крупных гидроузлов, разработка и усовершенствование методов расчета заиления и общего размыва русла и борьба с ними;
- исследование водного и наносного режима рек, транспортирующие способности потока, разработка и усовершенствование метода гидравлического расчета русел рек;
- изучение заторно-зажорных явлений в зимних условиях и разработка мероприятий по безопасному попуску зимних вод через гидроузлы и по руслам рек;
- усовершенствование конструкции защитно-регулирующих сооружений и методов их расчета.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Исмагилов Х.А. Русловые процессы на р. Амударье в условиях антропогенного воздействия на речной поток. Сб. научных трудов «Мелиорация и водное хозяйство». Ташкент. 1996.

2. Исмагилов Х.А., Кнеу Суан Туен. Транспортирующая способность потока р. Амударьи ниже Туямуонского водохранилища. Труды САНИИРИ. Ташкент. 1997. - С. 111-118.

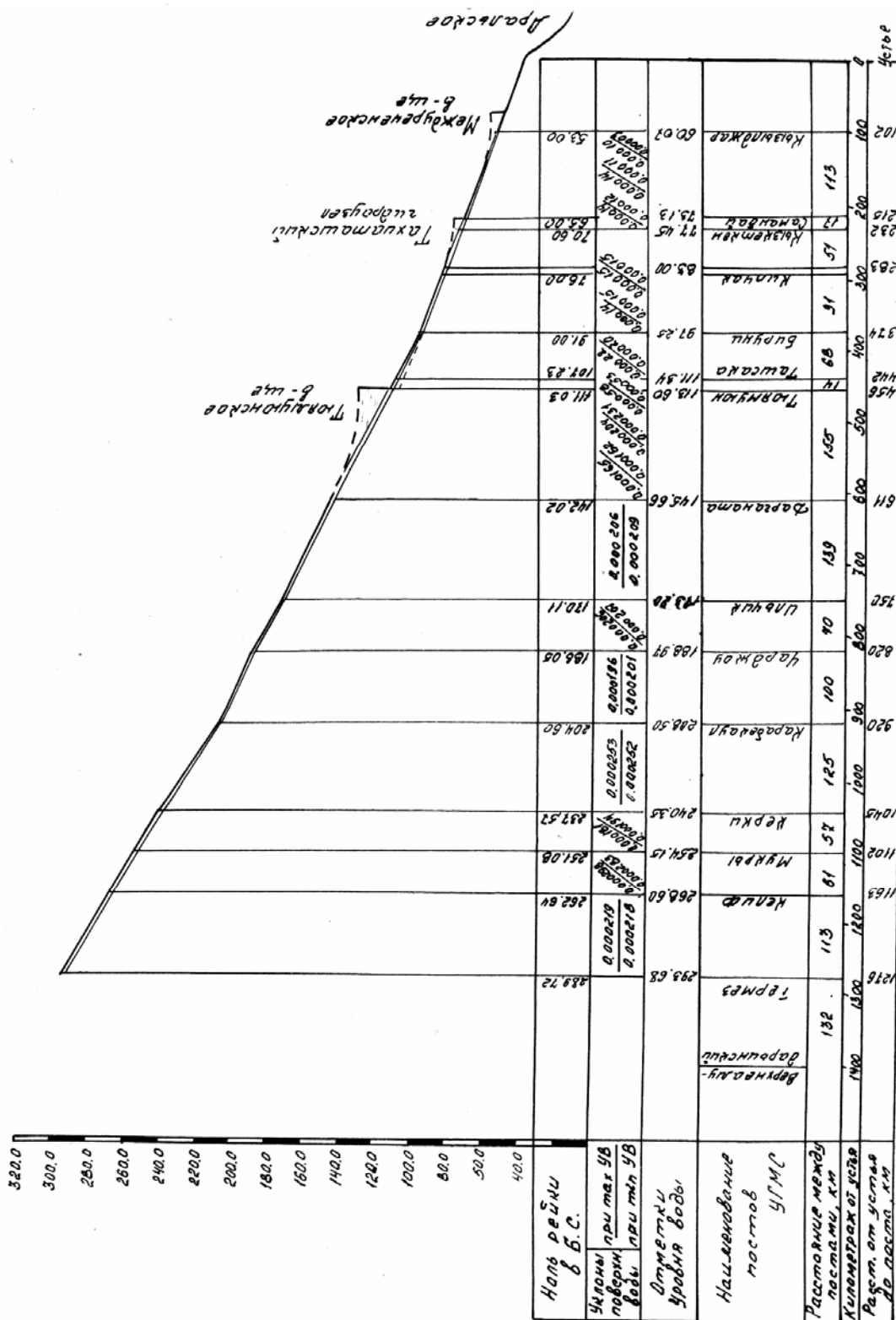


Рис. Продольный профиль р. Амударья от Термеза до Аральского моря

УДК 626.83

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

О.Я. Гловацкий

*САНИИРИ*

*УЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИДАГИ МАШИНАЛИ СУГОРИШИНИНГ ХОЗИРГИ КУН  
ХОЛАТИ ВА УНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ИСТИКБОЛЛАРИ*

*Гловацкий О.Я.*

*УзР КСХМ ва Дав Сув Хуж Назорат буйругича биноан, САНИИРИ иштирокида 22 энг йирик  
НСнинг техник даражаси ва ҳолати текширилиб, аванкамералар, ахлат ушлайдиган иншоот-  
лар, четдаги агрегатлар, босим кувурлар, вакуум узими кланинлари НСнинг энг омонат кисмла-  
ри булганлиги аниқланди*

*САНИИРИда МСТ инфраструктурасини реконструкция қилиш лойиҳаси буйича далиллар ба-  
засига оид информацион-маслахатчи тизимини (ИМТ)нинг руйхатини асослаш билан боғлиқ  
ишлар олиб борилмоқда.*

Водное хозяйство Республики Узбекистан к настоящему времени сформировалось в сложную инженерную систему, самостоятельную отрасль народного хозяйства, главное назначение которой – обеспечить водой существующие и перспективные площади орошаемых земель, промышленные предприятия, энергетику, коммунально-бытовую службу, рыбоводство и несколько миллионов гектаров пастбищных угодий. В 1990-2000 гг. в РУз насчитывалось 238 государственных оросительных систем, 47 водохранилищ ирригационного назначения общим полезным объемом 15.3 км<sup>3</sup>, в том числе наиболее крупное наливное - Талимарджанское объемом 1.6 млрд. м<sup>3</sup>; для обеспечения водозабора на источниках орошения построено 37 водоподъемных плотин, 248 головных водозаборных сооружений инженерного типа.

Территория республики составляет 44,74 млн. га, сельскохозяйственные угодья 28,3, из них пашня – 4,34, пастбища – 23,43 млн.га. Потенциальные ресурсы пригодные для орошения земель оцениваются в 12 млн.га. В 1990-2000 гг. Фактически орошалось 4,0 млн.га или 33 % площади потенциальных ресурсов.

Ограниченность собственных водных ресурсов бассейна Аральского моря включает возможность освоения всех пригодных к орошению земель. Причем нарастающий дефицит и надвигающийся период полного исчерпания создают напряженную водохозяйственную обстановку в регионе, особенно в годы низкой водности речных систем, с нанесением определенного ущерба народному хозяйству.

В нашей республике накоплен большой опыт в области проектирования, строительства и освоения новых целинных земель под орошаемое земледелие. Мы вправе гордиться результатами освоения Голодной, Сурхан-Шеробадской, Джизакской и Каршинской степей. Вместе с тем нельзя сказать, что все вопросы прогнозирования развития и машинного орошения и эксплуатации построенных систем решаются на должном уровне. В условиях рыночной экономики, резкого удорожания энергоносителей, насосно-силового оборудования и запасных частей к нему, вся концепция машинного водо-

подъема, включая выбор командных отметок, трасс машинных каналов, времени и объема заполнения водохранилищ и т.д., требует научного обоснования. Прогнозируемый период до 2005 г. следует рассматривать не только как период количественного истощения, но и как период нарастающего ухудшения качественного состояния водных ресурсов. Эти обстоятельства выдвигают серьезные требования к комплексной оценке и глубине исследований проблемы обеспечения народного хозяйства водными ресурсами, используемыми в сельскохозяйственном и промышленном производстве.

В их число входят - коренное улучшение работы службы эксплуатации водохозяйственных комплексов на основе внедрения автоматизированных систем управления четкое нормирование, обеспечение жесткой дисциплины и экономичные способы водоподдачи, комплексная реконструкция систем.

В Республике Узбекистан очень сильно развито машинное орошение сельского хозяйства, оно используется на более чем 2.2 млн.га орошаемых земель с ежегодным перекачиванием более 50 млрд.м<sup>3</sup> воды. На это расходуется от 7.5 до 8.5 млрд.кВтч электроэнергии, что составляет около 20 % электроэнергии, выделяемой для нужд народного хозяйства страны. Причем по данным объединения "Водпроект", в перспективе возможен перевод на самотечное орошение не более 7-8 % земель систем мелиоративного орошения (СМО). В более удаленной перспективе, вероятно, назреет необходимость перенесения точки водозаборов Каршинского (КМК) и Амубухарского магистральных каналов (АБМК). При этом правобережье среднего течения р.Амударьи с бассейнами р.Зарафшан, Кашкадарья и Сурхандарья следует рассматривать в качестве единого народнохозяйственного комплекса с возможностью экономии минеральных и энергетических ресурсов, а также использования энергетического потенциала р.р. Зарафшана и Амударьи.

Рекомендуется увеличить подачу воды р.Зарафшан самотеком при падении воды на 300 м по каналам Эскиангар на земли среднего течения р.Кашкадарья и юга Самаркандского вилоята, имеющие области с более продолжительный вегетационный период, для получения двух урожаев. В этом случае на перепадах каналов целесообразно сооружение гидроэлектростанций.

В настоящее время в условиях растущего дефицита водных и топливно-энергетических ресурсов возникает необходимость совершенствования режимов эксплуатации систем машинного водоподъема, особенно крупных насосных станций (НС) с осевыми и центробежными насосами, с разработкой теоретических основ обоснования параметров режимов и сооружений НС. Это обеспечит экономию водных и энергетических ресурсов, что имеет важное народнохозяйственное значение.

Одной из характерных особенностей мелиоративных НС (особенно оросительных) является их большая производительность. В отличие от систем водоснабжения, где станции с подачей 1 м<sup>3</sup>/с относятся к станциям высокой производительности, в оросительных системах такая величина считается небольшой. При проектировании этих систем не предусматривалась возможность совершенствования их эксплуатации с использованием современных методов управления, основанных на применении вычислительной техники.

Объем и принципы автоматизации. Помимо типа и мощности основных насосных агрегатов, зависят от назначения станции, специфических особенностей технологических схем, гидромеханического оборудования, режима эксплуатации и целого ряда других факторов.

В республике эксплуатируется 1465 НС, более 4980 агрегатов при среднем расходе электроэнергии по МсиВХ до 125 кВтч на 1000 м<sup>3</sup> поднятой воды. Для НС крупных каскадов этот показатель в 2-3 раза выше: КМК – 385, АМБК – 318,2, Аму-Занг –

221 Сурхандарьинского вилоята, что подчеркивает важность разработки рекомендаций по снижению потребления электроэнергии крупными НС.

Особое значение в современных условиях приобретают рекомендации по реконструкции действующих НС с целью улучшения их эксплуатационных показателей. Опыт эксплуатации НС показывает, что введенные в строй крупные машинные каналы (Каршинский, Амукаракульский, Амубухарский, Аму-Зангский, Шерабадский, Джизакский и др.) имеют ряд существенных недостатков, вызванных отсутствием научно-обоснованных методик эксплуатации водоподводящих элементов узла НС. К таким элементам относятся бесплотинные водозаборы, аванкамеры, водоприемники, соросдерживающие сооружения (СУС) с решетко-очистительными машинами (РОМ), всасывающие трубы, искажающие условия подвода воды к рабочим колесам (РК) насосов и заставляющие их работать в нерасчетных режимах, снижая надежность и эффективность эксплуатации.

По данным экспертов ООН, за счет улучшения показателей эксплуатации систем машинного орошения, устранения непроизводительных потерь воды удельный водозабор на орошение возможно сократить до 7,4 тыс.м<sup>3</sup>/га. Для этого программы, по мнению проф.А.Френч (Англия) и проф.Д.Хельман (ФРГ). Необходимо в первую очередь осуществить строительство высоко эффективных сооружений гидротехнического узла НС.

Комплексная реконструкция оросительной сети только в бассейне Аральского моря, дающая до 10 км<sup>3</sup> ежегодной экономии влаги, потребует не менее 25 млрд.руб.(в ценах 1990 г). По утверждению проф.Миклина Ф. (США), минерализация оросительных систем в этом регионе будет стоить до 100 млрд.руб.

Однако существуют и иные концепции более эффективных решений, направленных на совершенствование эксплуатации сложных СМО.

Сложные мелиоративные системы обладают особым свойством организационной сложностью. Каждый из элементов СМО (водохранилище, канал, водовод, насосная станция, водопотребитель и т.д.) выполняет только присущую ему функцию, и лишь вся система, благодаря взаимосвязи между входящими в нее сооружениями и техническими средствами, способна использовать их лучшие свойства.

В настоящее время оценка их надежности СМО, если она дается вообще, производится на конечном этапе разработки проектов, в уже принятом его варианте. При этом в случае отсутствия исходной информации о надежности конкретных элементов анализируемой системы, пользуются статистическими данными, полученными из опыта эксплуатации.

Слабая связь проектирования СМО с оценкой надежности обусловлена целым рядом как объективных (например, относительно высокая нормативная долговечность ГТС и др.), так и субъективных причин (недооценка того фактора, что надежность – качество, ее всем системам, и проявляющее на многих структурно-логических уровнях организации производства, служа объективным критерием эффективной определенности явлений и материальных систем.

Теория надежности способна дать проектировщикам СМО обоснованные ответы на многие вопросы, ставшие в настоящее время актуальными. Например, каким образом обеспечить требуемую надежность функционирования и высокий уровень технического состояния СМО в процессе эксплуатации, какие дополнительные мероприятия следует предусмотреть в проекте для использования СМО с максимальной эффективностью при определенных сочетаниях условий окружающей среды, и, наконец, определить роль всей системы СМО в народном хозяйстве.

Несмотря на то, что крупные СМО введены в действие более 20-30 лет тому назад, до настоящего времени отсутствуют проекты, хотя бы на уровне диспетчерских



номограмм по эксплуатации этих объектов, не говоря уже об информационно-советующих системах ПЭВМ, основанных на теории эксплуатации сложных систем и позволяющих наметить методологический подход к решению задач эксплуатации.

В САНИИРИ выполняются работы, связанные с обоснованием перечня необходимой информации по НС, разработаны макеты входных и выходных форм информации для формирования базы данных, созданы и апробированы программные модули по оценке технического состояния, надежности и безопасности эксплуатации НС. Эти работы являются необходимыми для обоснованных решений по осуществляемому при содействии Всемирного Банка проекту реконструкции инфраструктуры СМО.

Очевидно, без умения определять состояние такой системы, как НС, при различных технологических ситуациях невозможно составить проект ее эксплуатации и выдать технологические данные, необходимые для разработки модернизированных элементов СМВ и НС. Исходя из этого, для существующих объектов, представляется необходимым решение следующих конкретных задач.

В общем, пути уменьшения затрат на эксплуатацию НС заключаются в экономии наиболее весомых статей расходов: на электроэнергию, очистку от заилиения и мусора, ремонт и запчасти, непроизводительные потери и ликвидацию нештатных аварийных ситуаций.

Эксплуатационный персонал НС должен соблюдать требования водоподдачи с учетом наименьших затрат, выбирая из нескольких возможных вариантов наиболее экономичный способ обеспечения.

Разные варианты имеют и различные эксплуатационные затраты, благодаря чему существует возможность выбора из всех схем включений агрегатов такую, которая обеспечит заданную подачу при минимальной величине эксплуатационных затрат, и количественно оценить эффективность каждого из всех возможных вариантов.

Для решения этой задачи необходимо определить аналитические зависимости КПД насоса от КПД электродвигателя, новых типов СУС и др.

При уменьшении количества работающих агрегатов потоко-направляющие пластины устанавливают в положение, направляющее поток воды, проходящий через "неработающий" пролет СУС, в створ водозаборной камеры работающего агрегата.

Особенностью многоагрегатных НС является отклонение транзитного потока при расширении площади живого сечения потока в аванкамере, в результате чего поток подходит прямолинейно только к средним, расположенным по оси аванкамеры, водозаборным камерам. К другим же равноудаленным от оси, водозаборным камерам он подходит под углом  $\pm\alpha$ , который зависит от конструкции аванкамеры, параметров канала, ширины водозаборного фронта, месторасположения и размеров водозаборной камеры и ее размеров, числа работающих агрегатов.

Изменения напорной характеристики аванкамеры, коэффициента быстроходности и количества работающих агрегатов приводят к изменениям параметров, которые для крайних агрегатов оцениваются по данным различных авторов величинами:

$$Q = (8 \div 12)\%;$$

$$H = (2 \div 24)\%;$$

$$h = (2 \div 8)\%;$$

Поэтому необходимо еще раз проанализировать основные составляющие КПД НС для выработки конкретных путей его повышения, а, значит, снижения затрат на эксплуатацию. Начинать эту работу необходимо с ликвидации перепадов УВ на водоподводящих сооружениях, особенно на СУС. По нашим расчетам, применение плавучих запаней, перехватывающих плавающий мусор на глубине до 1 м, уменьшает перепад УВ на решетках до 10-18 см, что дает экономию электроэнергии на головных НС-1 КМК 1,7 - 3,1, на канале Хамза-1 – 0,4-0,8 млн.кВтч.

Поэтому подготавливаемые по эксплуатационным мероприятиям рекомендации, включают в первую очередь разработку новых конструктивных элементов водоподводящего комплекса (структуроформирующие устройства на водозаборе, запани перед головными НС) и мероприятий по защите НС от заиления и забивки мусором.

Эти элементы являются новыми техническими решениями. Необходимо наладить информационный обмен между эксплуатационными организациями МСиВХ РУз и САНИИРИ для разработки конкретных проектов на конкретных НС. С использованием конструктивных элементов.

В связи с использованием насосными станциями высокомутных вод с абразивными наносами и большим количеством плавающего и взвешенного мусора для случаев даже относительно непродолжительных перерывов в подаче воды на поля, приводящих к резкому снижению или даже гибели урожая, наносящих и огромный ущерб народному хозяйству следует разработать в дополнение к действующим инструкциям и строительным нормам новые редакции СНиПов и детальные инструкции по эксплуатации всех элементов НС, сопрягающих гидросооружений и т.д.

Без глубокого изучения невозможна научная обоснованная картина исторического опыта, в частности и ошибок в водохозяйственном строительстве, в гидроэнергетике и т.д., что особенно важно для перспективного развития СМО.

Чтобы не повторять старых ошибок, и не допускать новых и исключить возможность повторения негативных явлений, необходимо более полно использовать богатый опыт водохозяйственного строительства, в том числе работы САНИИРИ прошлых лет, когда успешно работали в тесном контакте наши бескорыстно преданные ирригации корифеи (ученые, проектировщики и эксплуатационники). Поэтому модернизации орошения и освоению новых земель, переустройству оросительных систем, в частности СМО, и реконструкции гидротехнических узлов НС, внедрению автоматического управления и телемеханики, совершенствованию эксплуатации должен предшествовать глубокий, всесторонний объективный анализ исследований, проектирования, строительства и эксплуатации СМО при условии безупречной научной добросовестности выполняемого анализа и с учетом местных условий, чем за все, более чем 75 лет отличились ученые САНИИРИ.

Продление ресурсов – метод самый дешевый, но приводящий к накоплению физически и морально устаревшего оборудования и ставящий в перспективе перед проблемами обоснования фондов.

Затраты на диагностику, ремонтно-восстановительные работы, и замену ресурсо-определяющих элементов при продлении сроков эксплуатации НС в 6-7 раз ниже затрат на полную замену оборудования.

Замена отработавшего ресурсо-оборудования на аналогичное новое также не дает существенного повышения экономичности, но в этом случае возможна в сжатые сроки реализация, использование зданий, вспомогательного оборудования и т.д.

Наиболее эффективным является техническое перевооружение с использованием современных технологий (или модернизация основных узлов). Это основные направления реновации.

УДК 626.84

## **ВКЛАД САНИИРИ В РАЗВИТИЕ МАШИННОГО ОРОШЕНИЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ И СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИЮ**

О.Я. Гловацкий

*САНИИРИ*

*УРТА ОСИЁ МАШИНАГА ОИД СУГОРИШНИНГ РИВОЖЛАНИШИГА САНИИРИНИНГ КУШГАН ХИССАСИ ВА УНИ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КИЛИШДАГИ ХАРАЖАТЛАРНИНГ КАМАЙТИРИШ*

*О.Я. Гловацкий  
САНИИРИ*

*Хозирги даврда Орол хавзасида жойлашган Урта Осие ва Жанубий Козогистоннинг 7.8 миллион гектар сугориладиган майдонларда кишлок хужалик ишлари олиб борилмокда ва шундан 4.4 миллион гектардан ортикроги Узбекистон Республикасига таълуclidир. Минтаканинг йиллик сув манбалари 110 км<sup>3</sup> ни ташиқил этиб, сугоришига эса 93 км<sup>3</sup> сув сарфланади.*

*Купгина сугориладиган майдонлар сугориши тармоқларидан юкорида жойлашганлиги учун, бу ерларга сугориши сувларини насослар ёрдамида кутаришини талаб килади. Хозирда насос станциялари ёрдамида йиллига 80 км<sup>3</sup> сув кутарилмокда.*

В настоящее время почти все сельхозпроизводство среднеазиатских республик и юга Казахстана базируются на 7,8 млн. га орошаемых земель бассейна Аральского моря, из которых более 4,4 млн. га приходится на Узбекистан. Ежегодные водные ресурсы региона оцениваются в 110 км<sup>3</sup>, из которых более 93 км<sup>3</sup> расходуются на орошение.

Рельеф региона таков, что значительная часть пахотных земель, располагаясь вверх идущими террасами, требует машинного водоподъема. В настоящее время насосными станциями (НС) перекачивается более 80 км<sup>3</sup> воды в год.

При благоприятных экономических и финансовых условиях, перспектива развития региона на уровне 2010 года – освоение 3 млн. га целинных земель, в том числе более высоких террас, с помощью насосного оборудования и экономии дополнительных водных ресурсов.

Насосное хозяйство региона – это дорогостоящее энергоемкое предприятие. Из общего потребления электроэнергии в регионе в год почти половина приходится на сельское хозяйство, из которых до 50 % составляют расходы на привод насосов.

Узбекистан является наиболее насыщенной насосами республикой, здесь сосредоточено более половины насосных мощностей всего региона. Здесь эксплуатируются 43 крупных НС, около 1400 средних и 30 тысяч мелких НС и установок

Расход перекачиваемой воды ежегодно составляет более 6,5 тыс. м<sup>3</sup>/с, объемом более 60 млрд.м<sup>3</sup> воды. Расходуется около 7,5 млрд. кВт ч электроэнергии и до 5,5 тыс. т дизельного топлива.

Машинный водоподъем осуществляется лопастными насосами: "ОПВ", "В", "Д", "К", "ЗЦВ" и др., количество типоразмеров которых превышает 100.

Наиболее крупное насосное оборудование установлено на насосных станциях Аму-Бухарского машинного канала (АМБК), Каршинского (КМК) Джизакского и системы Аму-Занг.

В табл. 1 приведены технические характеристики наиболее крупных НС.

Таблица 1

## Крупные насосные станции Узбекистана

Наименование	Год ввода	Марка насосов	Проектные параметры станции				Затраты эл. эн. за 1 год, млн. кВт ч
			подача	напор	мощность	К-во агр.	
Алатская	1962	ОП-5-110Э	30	8.5	5.6	6	
Каракульская	1963	ОП 5-110 Э	33	8.5	4.8	6	
Хамзинская-1	1965	56 В-17	68	52	45.6	9	
Куямазарская	1965	ОП 10-185Э	100	20	30	6	
		ОП 11-193Э					1236.7
Хамзинская -2	1974	В17-16/55	105	52	125	10	
Кзылтепинская	1975	В17-16/55	92	60	125	10	
Кенимехская	1976	48 Д 22	12	26	6	5	
Яманджарская	1970	ОП 6-87	13	5	1.4	4	
Каршинский вилоят							
Каршинский каскад	1973	ОП 10-260Г	195	140	450	36	
		ОП 11-260Г					2341.1
Талимарджанская	1977	2400ВР-25/25	155	25	64.8	7	
Сурхандарьинский вилоят							
Шерабадская	1966	ОП 10-185Г	110	27	30	6	
Аму-Зангский каскад	1965	3400В-25/40	75	57	48.6	21	621,4
Искра	1985	ОП 10-185	120	20	35	7	
Сырдарьинский вилоят							
Джизакский каскад НС	1978	2400В-25/40	190	32	72.5	7	
		НС №1(ДГНС)	1600В-10/40				220.4
НС №2	1981	2000В-16/63					
		1200В-6.3/63					
НС №3	1985	2000В-16/63	78	58	32	2	
		1200В-6.3/63					

Если количество крупных станций невелико (3 % от общего количества), то их вклад в водное хозяйство республики весьма значительный. Суммарная расчетная подача превышает 2600 м<sup>3</sup>/с, годовая водоподача более 40 км<sup>3</sup>. Соответственно значительны и эксплуатационные издержки, в том числе на 4,6 млрд.кВтч электроэнергии.

В РУз находят основное применение около 15 типов насосных установок. Передвижные насосные станции с дизельным приводом и электрифицированные, типа СНП имеют диапазон подач 25-2500 л/с и напоров 50-100 м. На системах вертикального дре-

нажа и орошения были установлены скважинные электронасосы типа ЭЦВ с общим количеством 15 тысяч штук.

Условия работы насосного оборудования в Средней Азии следует отнести к весьма тяжелым. Они предопределены высоким содержанием твердых взвешенных частиц в перекачиваемых водах – 6-15 г/л, высокой температурой окружающего воздуха 35-50 °С, круглогодичным циклом работы (в зимний период заполняются водохранилища, проводятся промывные поливы и др.). На дренажных системах имеет место высокая минерализация воды до 25 мг/л. Особенно тяжелое воздействие на насосное оборудование производят частые отключения агрегатов из-за нестабильного электропитания и технических причин.

Результатом действия указанных факторов является относительно низкие ресурсы работы насосов – 2000-4000 часов до капитального ремонта и их КПД. Отсюда возникает целый ряд специфических научных, технических, технологических и организационных задач, которые повседневно решаются службами эксплуатации систем сельского и водного хозяйств республики, НИИ и проектными организациями. Огромное значение, которое уделяется эксплуатации НС, подтверждается тем, что только во второй половине 1999 г. вышло 4 Постановления Правительства РУз о повышении надежности эксплуатации крупных НС, а в апреле-мае 1999 г по указанию Руководства Госводхознадзора и Минсельводхоза РУз была осуществлена с участием САНИИРИ натурная оценка технического уровня и состояния 22-х крупных НС.

В результате было установлено, что наиболее надежными элементами гидротехнического узла являются аванкамеры, сороудерживающие сооружения (СУС), крайние агрегаты, напорные трубопроводы. Практически не работают стационарные приборы и системы автоматики, позволяющие управлять режимами НС. Отсутствие работоспособных решеткоочистных машин приводит к созданию перепадов на решетках СУС до 18-20 см, подсос воздуха через клапана срыва вакуума приводят к большому перерасходу электроэнергии.

Так, заилиение аванкамер головных НС Аму-Занг-1 и Хамза-1 достигает 60-65 % проектного объема, износ корпусов насосов и рабочих колес на НС Боботаг 60-70 %, Аму-Занг-1 50-55 %, напорных трубопроводов 30-44 %, а в ряде случаев до 60 % (табл. 2). В процессе развития машинного орошения непосредственно участвуют сотрудники НПО САНИИРИ, в том числе коллектив лаборатории насосных станций и установок (НС и У). Лаборатория образована в 1926 году на базе кабинета машинного орошения, руководимого Т.А. Колпаковой. В последующий период руководителями лаборатории были известные специалисты по гидромашинам В.А. Баранов, С.К. Переверзев, В.Н. Машков, Р.А. Усманов и др. Сотрудники лаборатории разработали, исследовали и поставили на широкое производство более 10 типов водоподъемных машин (низконапорные насосные установки типа ПГ-35, СПН-500/10 и др.) для ирригации, составили нормативные документы и методические указания по эксплуатации насосно-силового оборудования, создали технологические комплексы для ремонтов насосов (типа УИК и др.).

Последние годы в связи с резким увеличением стоимости электроэнергии и др. эксплуатационных затрат, а также с широким фронтом работ по реконструкции систем машинного водоподъема, (СМВ) появились целевые задачи по совершенствованию технической эксплуатации:

- совершенствование организационно-технологических элементов эксплуатации насосного оборудования (компьютеризация, стационарные приборы);
- повышение надежности насосов за счет внедрения специальных сооружений, устройств и приспособлений непосредственно на НС на ремонтных базах;

- снижение удельных энергозатрат на водоподъем, повышение среднеэксплуатационных КПД НСиУ;

- разработка новых конструкций элементов гидротехнического узла НС и высокоэффективных насосов (малые и средние низконапорные насосы и др.).

В увязке с указанными задачами в лаборатории НСиУ проводятся следующие разработки:

1. Подконтрольная эксплуатация крупных НС с целью совершенствования эксплуатационных режимов и показателей всего комплекса.

2. Научное обоснование реконструкции проточной части насосов и сопрягающих сооружений НС.

3. Внедрение технических решений, снижающих интенсивность кавитационно-абразивного износа и удельные эксплуатационные издержки, в том числе на крайних агрегатах.

4. Внедрение на СМВ нормирования показателей надежности и затрат электроэнергии в увязке с механизмом стимулирования экономии электроэнергии.

5. Разработка и внедрение МикроГЭС и водоподъемных установок локального энергоснабжения и орошения (фермы) без топливных и энергетических затрат, в том числе гидротурбинным приводом.

6. Диагностика технического состояния насосного агрегата с помощью микропроцессорной техники и управление режимами ПЭВМ.

В практике эксплуатации НС контролируются 30-40 % от общего числа параметров, подлежащих контролю, что безусловно ухудшает надежность работы НА. Поскольку режим работы НС изменяется в соответствии с графиком водопотребления и из-за других факторов, эксплуатационному персоналу необходимо с помощью стационарных приборов оперативно определять оптимальные гидравлические режимы и рабочие точки насосов на их характеристиках и сравнивать с соответствующими рекомендациями. В настоящее время практически отсутствуют информационно-советующие системы (ИСС) на базе ПЭВМ, другая информация для выполнения указанных операций персоналом НС и диспетчерами. Не менее важным для службы эксплуатации является внедрение новых технических решений по основному и вспомогательному оборудованию НС.

Для повышения КПД насосов, уменьшения эксплуатационных расходов по НС и СМВ в целом необходимо:

1. Разработать научные основы энергосберегающих режимов, их региональных особенностей и методы управления гидравлическими процессами;

2. Установить обоснованные объемы водоподдачи НС, обеспеченные техническим состоянием оборудования с учетом оптимального уровня резервирования.

3. Определение способов защиты трубопроводов и НУ от повышенной вибрации, износа и в натурных условиях способов управления переходными процессами, позволяющих снизить динамические нагрузки на агрегаты.

4. Устранение переподъемов воды на НС и СМВ, допущенных в пусковые периоды и из-за отклонения фактических режимов от проектных.

5. Провести исследования по использованию нетрадиционных источников энергии.

- при уточнении энергосберегающих режимов и оценке эффективности на крупных НС может быть достигнуто:

- сокращение подпитки Ульяновского магистрального канала на ПК-90 обводного канала КМК, за счет рационального управления режимами НС-4, 5, что обеспечивает экономию до 43 млн. кВт ч в год;

- сокращение энергозатрат за счет реконструкции направляющих аппаратов и башенных затворов НС-7, оптимизации режимов совместной работы НС каскада, что обеспечивает экономию до 25 млн. кВт ч в год;

- обеспечение за счет комбинированных защитных устройств качественной очистки подводящих каналов НС от плавника и наносов, что обеспечивает сокращение затрат на эксплуатацию каскадов на 10-15 %;

- применение оптимальных, на базе ИСС, режимов работы НС, обеспечивающих экономию электроэнергии и улучшение кавитационных и вибрационных условий работы насосов. Например, увеличение подпора на НС Алат и Боботаг на 0,5 м влечет экономию до 1 млн. кВт ч, устройство управления насосом на Джизакской головной насосной станции (ДГНС) показало, что вибрация агрегата снизилась в 6 раз, напорного трубопровода в 3 раза;

- модернизация систем техводоснабжения крупных и средних НС с повышением качества очистки воды и сокращением ее расхода около 50 %;

- перевод на самотечное орошение и увеличение попускной способности каналов для пропуска воды самотеком на земли СМВ.

Перспективным вкладом САНИИРИ в развитие СМВ РУз в XXI веке можно считать работу над следующими положениями:

1. Машинное орошение – основной регулятор сбалансированного развития водно-энергетического хозяйства зон орошения в условиях острого дефицита водных ресурсов.

2. Прогностический ряд типоразмеров гидромеханического оборудования и гидротехнических сооружений (ГЭС) СМВ в увязке с водно-земельным кадастром зоны орошения и применения прогрессивных подходов при конструировании насосов ГТС.

3. Методы оценки технического состояния, безопасности и качества эксплуатации НС и их каскадов, в том числе по энергетической составляющей.

4. Технические решения и мероприятия по совершенствованию основных узлов крупных головных трансграничных НС.

5. Новые типы водоподъемных комбинированных установок, агрегатов, малых ГЭС и лопастных насосов для передвижных насосных установок "малой ирригации" (теория расчета, конструктивная схема, эксплуатационные показатели).

6. Техничко-экономическое обоснование основных направлений реконструкции и развития СМВ и НС в условиях пересмотра тарифных ставок за электроэнергию, изменения режимов работы, исчерпания срока службы в период реновации, требований отвода минерализованной воды из сбросных коллекторов и др.

## *ЛИТЕРАТУРА*

1. Гловацкий О.Я. – Улучшать эксплуатацию насосных станций. "Сельское хозяйство Узбекистана", 1982, № 10.

2. Гловацкий О.Я. – Совершенствование мелиоративных насосных станций. "Мелиорация и водное хозяйство" 1990, № 1.

3. Гловацкий О.Я. – Совершенствование эксплуатации насосных станций. "Сельское хозяйство Узбекистана", 1992, № 12.

4. Гловацкий О.Я., Мухамедов Д.А. – Совершенствование тенденции малых ГЭС для региональных условий республики Узбекистан. "Проблемы информатики и энергетики" изд. "ФАН", 1996, № 1-2.

5. Рахимов Ш.Х., Гловацкий О.Я. – Идет помощь Каршинскому каналу. "Сельское хозяйство Узбекистана", 1999, № 6.

УДК 621.311

## **РАЗВИТИЕ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В ЦЕЛЯХ ПОКРЫТИЯ ДЕФИЦИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ**

Х.И. Якубов, В.А. Скрыльников

*САНИИРИ*

*ГИДРОМЕЛИОРАТИВ ТИЗИМЛАРДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСИГА БУЛГАН ТАНКИСЛИКНИ КОПЛАШ МАКСАДИДА КИЧИК ГИДРОЭНЕРГЕТИКАНИ РИВОЖЛАНТИРИШ*

*Ёкубов Х.И., Скрыльников В.А.*

*Ўзбекистон Республикаси электроэнергия билан етарлича таъминланмаганлиги тик захкаш кудуклари ва сугориш кудукларининг иш тартибига таъсир этмокда.*

*Таджикотлар шуни курсатадики, сугориш каналларини баландликларидаги кичик гидроэнергетика Фаргона вилоятини электроэнергия булган талабларини 21 %, Андижон вилоятида - 107 %, Наманган вилоятида - 84,5 % гача коплаш мумкин.*

Общая площадь поливных земель Республики Узбекистан достигла 4,5 млн. га, из которых более 40 % орошается за счет машинного орошения. В то же время из искусственно дренированных земель общей площадью около 2,9 млн. га 450 тыс. га охвачено системой вертикального дренажа. Объекты как машинного орошения, так и системы вертикального дренажа СВД, эксплуатируются за счет машинного водоподъема, при этом общая мощность потребляемой электроэнергии превышает 12 млн. кВт, из которых на долю СВД приходится порядка 10-12 %. В современных условиях, когда повсеместно идет быстрый рост ценообразования на энергоносители, обеспечение отдельных объектов мелиоративного строительства становится затруднительным для суверенных республик Средней Азии. Основная мощность выработки гидроэлектроэнергии распределена по среднеазиатским государствам неравномерно: наиболее обеспеченными являются Кыргызская Республика и Таджикистан, а наименее – Туркменистан. В Узбекистане, при наличии определенной мощности выработки гидроэлектроэнергии, потребность в электроэнергии объектов сельскохозяйственного производства, в частности, систем вертикального дренажа не полностью удовлетворяется. Такое положение приводит к ухудшению мелиоративного состояния земли (МСЗ), резкому снижению продуктивности почв и количеству оросительной воды. В этих условиях поиск наиболее альтернативных и дешевых источников выработки и покрытия дефицита электроэнергии является наиболее перспективным направлением производства. К таким источникам относятся крупные каналы как объекты малой гидроэнергетики, которые имеют большие уклоны (перепады).



Мощность гидроустановок на оросительных каналах определялась по известному выражению:

$$N_n = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad , \quad (1)$$

где:  $Q$  - зарегулированный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$H$  - напор на перепадах, м;

$\eta$  - КПД гидроустановок (принят  $\eta = 0,9$ ).

Ниже, в табл.1, приведены сведения о существующих перепадах и их потенциальная мощность по оросительным каналам Ферганской долины.

**Таблица 1**

**Зоны размещения и энергетические характеристики существующих перепадов на оросительных каналах Ферганской долины**

№ п/п	Перепад канала (ПК)	Напор, Н, м	Расход, м <sup>3</sup> /с	Мощность, кВт	Вилюты
<b>Большой Ферганский канал</b>					
<i>А. Нарынский участок</i>					
1	ПК 142-00 (№ 1)	4,0	200	7200	Наманганский
2	ПК 158+58 (№ 2)	4,3	178	6885	
3	ПК 172+00 (№ 3)	4,7	178	7560	
4	ПК 184+00 (№ 4)	5,0	178	8010	
5	ПК 390 (№ 5) <sup>1</sup>	4,7	178	7560	
6	ПК 440 (№ 6)	0,85	178	1362	
	Итого: ПК 142-ПК 184			29655	
	ПК 142-440			38576	
<i>Б. Карадарьинский участок</i>					
1	Перепад Шамирза (ПК 1100)	0,9	129	1045	Ферганский
2	Караджида (ПК 1260)	0,9	105	850	
3	Первомайская плотина (ПК 1480)	1,7	85	1300	
	Итого			3195	
<b>Большой (А) канал</b>					
1	ПК 1032+98	1,5	11	297	Ферганский
2	ПК 965+00	1,42	69	882	
3	ПК 675+50	1,5	86	1161	
4	ПК 446+00	3,0	110	2970	
5	ПК 416+00	1,25	130	1462	
6	ПК 390	0,3	130	351	
	Итого:			7123	
<b>Канал им. Ахунбабаева</b>					
1	ПК 180	1,2	55	594	Наманганский
2	ПК 200	1,0	50	450	
3	ПК 237	1,2	45	486	
4	ПК 258	0,7	40	252	
5	ПК 380	1,0	35	315	
6	ПК 440	0,6	25	135	

Имеет законсервированную малую ГЭС

№ п/п	Перепад канала (ПК)	Напор, Н, м	Расход, м <sup>3</sup> /с	Мощность, кВт	Вилюты
	Итого:			2232	
Южно – Ферганский канал					
1	ПК 150	9,0	43,6	3531	Андижанский
2	ПК 200	12	43,6	4708	
3	ПК 218+80	12	43,6	4708	
4	ПК 350	9,0	47,5	3847	
5	ПК 567+30	15	21,8	2943	
6	ПК 589+30	41	21,8	8044	
7	ПК 923	1,15	13,5	140	
	Итого:			27931	

В табл. 2 приведено распределение энергетических характеристик перепадов каналов, по вилютам и туманам Ферганской долины, включая, количество СВД и СНО, их суммарную потребляемую (установленную) мощность, и дается оценка возможности обеспечения электроэнергией скважин СВД и СНО за счет строительства малых гидроэнергетических установок на перепадах каналов.

Таблица 2

**Распределение энергетических характеристик перепадов каналов  
по туманам и вилютам Ферганской долины**

Вилюят	Туман	Количество перепадов	Потенц. мощность, кВт	СВД	СНО	Суммарная потребляемая мощность кВт, (СВД и СНО) установленная	Возможность обеспечения, %
Ферганский	1. Алтыарыкский	2	1733				
	2. Ахунбабавский	1	1045				
	3. Багдадский	1	297				
	4. Кувинский	2	10987				
	5. Риштанский	1	1300				
	6. Ташлакский	1	140				
	7. Язьяванский	1	1161				
	Итого	9	16663	1307	984	78893	21
Андижанский	1. Балыкчинский	3	5784				
	2. Мархаматский	1	3847				
	3. Ходжаабатский	3	12948				
	Итого	7	21579	550	271	20095	107,38
Наманганский	1. Задарьинский	6	2232				
	2. Учкурганский	6	38577				
	Итого	12	40809	242	1100	48312	84,5
	ВСЕГО	28	79051	2099	2355	147300	(-68249)

Как видно из табл. 2, потенциальная мощность гидроустановок на перепадах ка-

налов составляет 79051 кВт, установленная мощность СВД и СНО - 147300 кВт, а дефицит гидроэлектроэнергии - 68249 кВт.

Таким образом, строительство гидроустановок только на перепадах оросительных каналов покрывает установленную мощность по Андижанском вилояте на 107 %, по Наманганскому вилояту – на 84,5 % и по Ферганскому вилояту – на 21 %.

Для того, чтобы покрыть недостаток гидроэлектроэнергии по вилоям Ферганской долины, можно использовать ирригационные водохранилища. Возможность строительства малых ГЭС на существующих ирригационных водохранилищах проверена ПО "Водпроект". В большом перечне крупных водохранилищ, рассмотренных в качестве объектов для I и II этапа развития малой энергетики, приводятся водохранилища Гавасайское в Наманганском и Каркидонское в Ферганском вилоятах, которые имеют следующие характеристики (табл. 3).

**Таблица 3**

Водохранилище	Вилоят	Мощность, МВт	Выработка электроэнергии, млн. кВт ч/г	Капвложения, (1984 г.)
Гавасайское	Наманганский	9,5	32	9,7
Каркидонское	Ферганский	10,0	26	11,0

Если использовать малую ГЭС на Гавасайском водохранилище, то гидроэнергетический потенциал Наманганского вилоята (перепады каналов + водохранилище) составит 40809 (табл.1) + 9500 (табл.2) = 50309 кВт. Это покрывает потребность в электроэнергии для СВД и СНО Наманганского вилоята более, чем на 100 %.

Для Ферганского вилоята с учетом ГЭС на Каркидонском водохранилище, гидроэнергетический потенциал оставит 26663 кВт, что обеспечит необходимую мощность лишь на 33,7 %. Поэтому потребность в электроэнергии СВД и СНО по Ферганского вилоята можно обеспечить за счет развития малой гидроэнергетики на водохранилищах Кургантепинском, Шорсуйском, Ямборском, Файзабадском. Кроме этого, можно использовать гидроэнергетический потенциал водохранилищ Наманганского вилоята (Кенгульское, Ирваданское, Заркентское, Эскиерское, Чартакское, Варзыкское, Бештальское и др.).

Для определения удельных капвложений на 1 кВт установленной мощности для ГЭС на перепадах каналов воспользуемся проработками ПО "Водпроект" для ГЭС ЮФК-2. Установленная мощность этой ГЭС составляет 7900 кВт при капвложениях 5,5 (в ценах 1991 г.).

Удельные капвложения составят

$$A_{уд} = \frac{550000}{7900} = 696 \cong 700/кВт$$

Капвложения в развитие малой гидроэнергетики на перепадах каналов по областям составят (в млн. суммах)

по Андижанскому вилояту  $K_1 = 21579 \times 700 = 15,1$  млн. сум

по Наманганскому вилояту  $K_2 = 40809 \times 700 = 28,56$  млн. сум

по Ферганскому вилояту  $K_3 = 16663 \times 700 = 11,66$  млн. сум

Общие капвложения для развития малой гидроэнергетики только на перепадах оросительных каналов Ферганской долины составят:

$$K_3 = 79051 \times 700 = 55,324 \text{ млн. сум}$$

Капзатраты на строительстве малой гидроэнергетики путем использования ирригационных водохранилищ при стоимости 1 кВт, равного в среднем для водохранилищ 1100, составят

$$(144300 - 79051) \times 1100 = 68249 \times 1100 = 75,073 \text{ млн. сум}$$

Общие капзатраты на строительстве малых ГЭС на перепадах каналов и на водохранилищах составят **130 млн. сум (55,324+75,073)**.

Для оценки выработки электроэнергии малыми гидроустановками необходимо определить число часов использования канала.

Как правило, промывные поливы осуществляются в феврале-марте, а вегетация охватывает период апрель- август и половину сентября, затем идет посев и полив зерновых культур. Общую продолжительность работы канала в год можно принять как минимум 225 дней. Следует отметить, что в течение этого периода расход воды может отличаться от расчетного, принятого при определении потенциальной мощности. Обычно фактический расход в начале и в конце вегетации несколько меньше расчетного, что влияет на мощность гидроустановки.

Определим число часов использования канала в году по выражению

$$T_n = n \cdot 24 = 225 \cdot 24 = 5400 \text{ часов,}$$

Тогда годовая выработка электроэнергии на перепадах каналов составит

$$Э_2 = 5400 \cdot 79051 = 246,8 \text{ млн. кВт ч/год}$$

УДК 626.824

## НОВЫЙ МЕТОД ГРАДУИРОВКИ ВОДOPPOBODЯЩИХ COOPOЖEHИЙ HA KPYПHЫХ KAHАЛAX OTKPOТЫХ OPOCИTEЛЬHЫХ СИСТЕМ

В.А. Скрыльников

*НПО САНИИРИ*

*КАТТА АНХОРЛАР ХАМДА ОЧИК СУГОРУВ ТИЗИМЛАРИДА СУВ ИНШООТЛАРИ  
ГРАДУИРОВКАСИНИНГ ЯНГИ УСЛУБИ*

*Скрыльников В.А.*

*Очик сугориш тармоқларидаги катта каналларнинг сув утказувчи иншоотларга янги градуировка қилиш усули.*

*Бу вазиятда каналлардаги сув утказувчи рослагич иншоотлар (сув олгич, сув тусувчи, сув чиқаргич) сув улчаши қурилмалари вазифасини бажаради ва уларни градуировка қилиш лозим.*

*Шу сабабли уларни янгитдан градуировка қилиш услуги сув сарфи узгарганда сатхнинг кутарилиб – тушишидан олинган қушимча тенгламада асосланади. Қайсиқим тусик иншоотларининг утказиши қобилияти ибораси билан биргаликда ёпик тенглама тизимини ҳосил қилади. Бу берилган сув сарфида тусикларни очии микдорининг градуировка характеристикасини аналитик тенглама қуринишида беради.*

При нарастающем дефиците воды вопрос вододеления как между государствами, так и внутри самих государств приобретает важное значение. В этих условиях во-

допроводящим регулируемым сооружениям на каналах (водозаборы, перегораживающие сооружения, водовыпуски и т. п.) отводится роль водомерных устройств, которые необходимо градуировать. С этой целью и разработан новый метод их градуировки.

В настоящее время используются два способа градуировки сооружений.

По первому способу градуировка водомерного поста выполняется без увязки с открытием затворов, и расход воды определяется по показаниям водомерной рейки с помощью градуировочной кривой  $V=f(Q)$ . Расхода воды в этом случае регулируется постепенным подбором величины открытия затворов с таким расчетом, чтобы уровень воды в канале соответствовал необходимому уровню по водомерной рейке. Это приводит к нежелательным организационным потерям и снижению оперативности водораспределения. В случае изменения нуля рейки требуется проведение градуировки водомерного поста в широком диапазоне изменения расходов воды в течение длительного времени с построением новой кривой  $V=f(Q)$ .

Второй способ градуировки сооружений в режиме затопления основан на построении номограмм по уравнению пропускной способности в виде

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \cdot n \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{z} \quad (1)$$

где

$\mu$  – коэффициент расхода;

$a$  – открытие затворов, м;

$b$  – ширина одного отверстия, м;

$n$  – количество работающих отверстий в сооружении;

$z$  – перепад уровней, м.

При проведении градуировки по существующей методике измеряются величины  $Q, a, b, z$  для одного открытого отверстия и по уравнению (1) вычисляются значение  $\mu$ , строится график  $\mu=f(z)$  и определяется аналитическое уравнение этого графика, которое подставляется в выражение (1), после чего в нем остаются два неизвестных  $a$  и  $z$ , то есть

$$Q = f(z) \cdot a \cdot b \cdot n \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{z} \quad (2)$$

В соответствии с существующей методикой для  $n=1$  по уравнению строится номограмма, (2), которая представляет собой серию кривых, расположенных на всем поле графика. Эти кривые не дают однозначного решения, так как для их построения используется одно уравнение с двумя неизвестными  $Q=f(a, z)$  (рис. 1-3). В этом состоит главный недостаток существующей методики.

Кроме того, расход воды для заданного количества одновременно открытых отверстий определяется путем умножения пропускной способности одного отверстия на число открытых отверстий. При этом не учитывается изменение коэффициента расхода в зависимости от количества одновременно открытых затворов.

Нами предлагается выполнять градуировку для различного сочетания одновременно открытых отверстий с построением графиков

$$\mu_1=f_1(t), \mu_2=f_2(z), \mu_n=f_n(z).$$

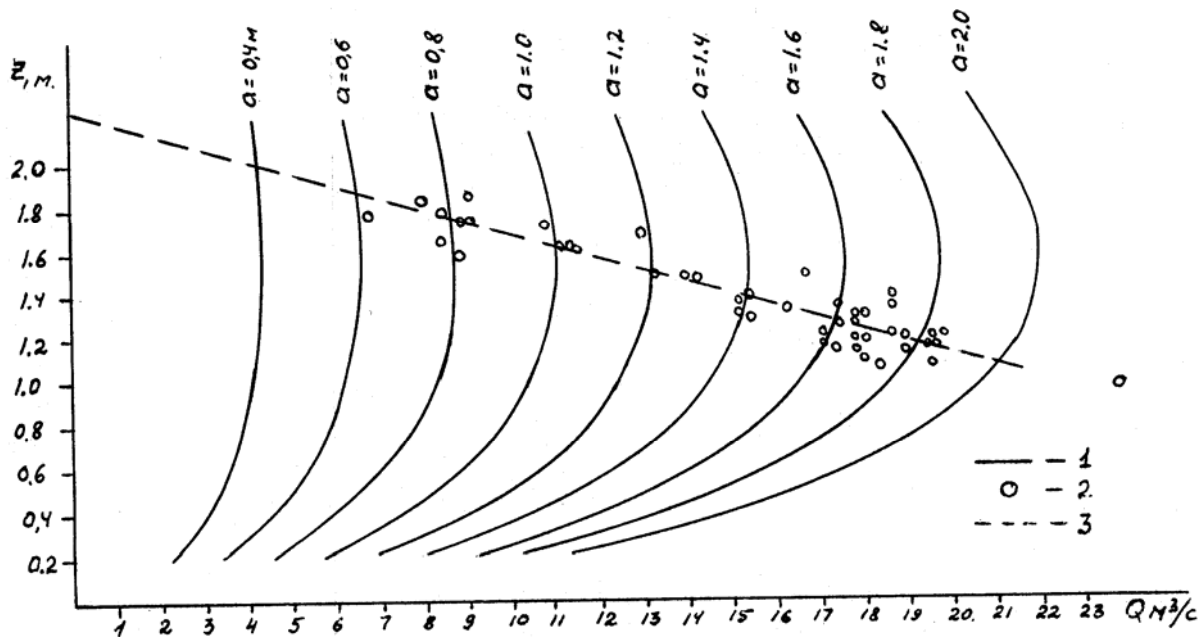


Рис. 1. График  $Q = f(a, z)$  для определения пропускной способности одного пролета регулятора ЛМК Казалинского гидроузла

- 1 - расчет по существующей методике; 2 - натурные данные САНИИРИ;  
3 - расчет по предлагаемым расчетным формулам  $z = f(Q)$

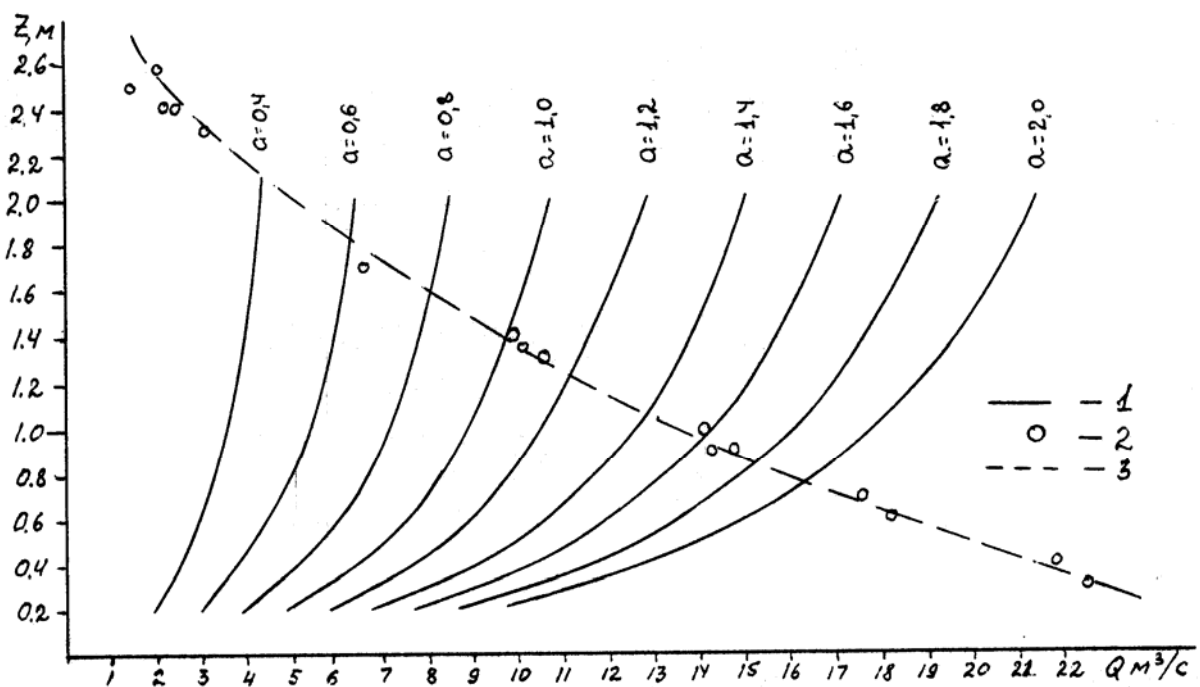


Рис. 2. График  $Q = f(a, z)$  для определения пропускной способности одного пролета регулятора канала «Рыбхоз» Казалинского гидроузла

- 1 - расчет по существующей методике; 2 - натурные данные САНИИРИ за 1974 г.;  
3 - расчет по предлагаемым расчетным формулам  $z = f(Q)$

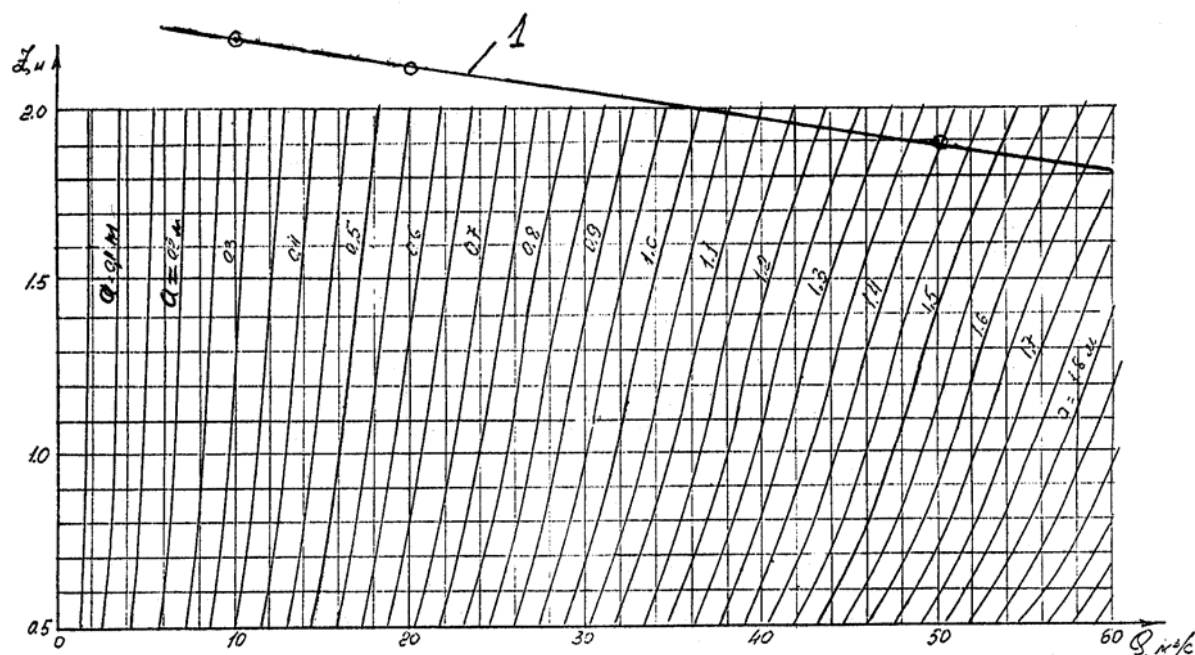


Рис. 3. Головное сооружение канала «Дустлик». Номограмма  $Q = f(a, z)$  для одного отверстия

1 - расчет по предлагаемому уравнению  $z = 2,28 - 0,0076 Q$

Далее следует составить дополнительное уравнение в виде  $z = F(Q)$ , которое в сочетании с выражением (2) создает замкнутую систему уравнений, позволяющих получить градуировочную характеристику в виде

$$a = \frac{Q}{n \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot f[F(Q)] \cdot \sqrt{F(Q)}} \quad (3)$$

которая однозначно определяет величину одновременно открытых затворов для заданного расхода воды.

Запишем в общем виде градуировочные характеристики в зависимости от числа одновременно открытых затворов.

$$1; \quad a_1 = Q_k / b \cdot 1 \cdot f[F(Q)] \sqrt{2g} \sqrt{F(Q)}; \quad (4)$$

$$2; \quad a_2 = Q_k / b \cdot 2 \cdot f[F(Q)] \sqrt{2g} \sqrt{F(Q)}; \quad (5)$$

$$n; \quad a_n = Q_k / b \cdot n \cdot f[F(Q)] \sqrt{2g} \sqrt{F(Q)}; \quad (6)$$

Ниже приводятся зависимости  $\mu = f(z)$ , полученные по результатам градуировки САНИИРИ сооружений каналов Казалинского гидроузла

$$\text{ПМК: } \mu = 0,75 - 0,3z \text{ (при } n_1 = 4) \quad (7)$$

$$\text{ЛМК: } \mu = 1,0 - 0,217z \text{ (при } n_1 = 4) \quad (8)$$

$$\text{"Рыбхоз": } \mu = 1,0 - 0,324z \text{ (при } n_1 = 2) \quad (9)$$

По результатам градуировки службы эксплуатации головного сооружения канала "Дустлик", получено уравнение

$$\mu = 0,94 - 0,197z \text{ (при } n_i = 5) \quad (10)$$

По результатам градуировки получены следующие зависимости  $z = f(Q)$  для сооружений каналов:

$$\text{ПМК } z = 2,16 - 0,058 Q, \quad (11)$$

$$\text{ЛМК } z = 2,24 - 0,019 Q, \quad 0,48 \quad (12)$$

$$\text{"Рыбхоз"} z = 3,5 - 0,514 Q, \quad (13)$$

$$\text{"Дустлик"} z = 2,28 - 0,0076 Q, \quad (14)$$

На рис.1 и 2 приведены значения  $z = f(Q)$  для каналов ЛМК и "Рыбхоз", рассчитанных по формулам (12) и (13), а также натурные данные, которые хорошо совпадающие с расчетом. Видно, что существующие номограммы могут быть использованы только в пределах предлагаемых расчетных зависимостей  $z = f(Q)$ . За пределами расчетных линий  $z = F(Q)$  решений не существует.

Решая выражения  $\mu = F(z)$  и  $z = F(Q)$  для каждого сооружения совместное с уравнением (2) получим градуировочные характеристики для затопленного режима сопряжения бьефов в виде

1. ПМК ( $n_i = 4$ )

$$a = Q_k / b \cdot n_i \cdot (0,75 - 0,3z) \sqrt{2g} \sqrt{z} \quad (15)$$

$$z = 2,16 - 0,058Q$$

2. ЛМК ( $n_i = 4$ )

$$a = Q_k / b \cdot n_i \cdot (1 - 0,217z) \sqrt{2g} \sqrt{z} \quad (16)$$

$$z = 2,24 - 0,019Q$$

3. "Рыбхоз" ( $n_i = 2$ )

$$a = Q_k / b \cdot n_i \cdot (1 - 0,327^{0,387}) \sqrt{2g} \sqrt{z} \quad (17)$$

$$z = 3,5 - 0,514Q^{0,48}$$

4. "Дустлик" ( $n_i = 5$ )

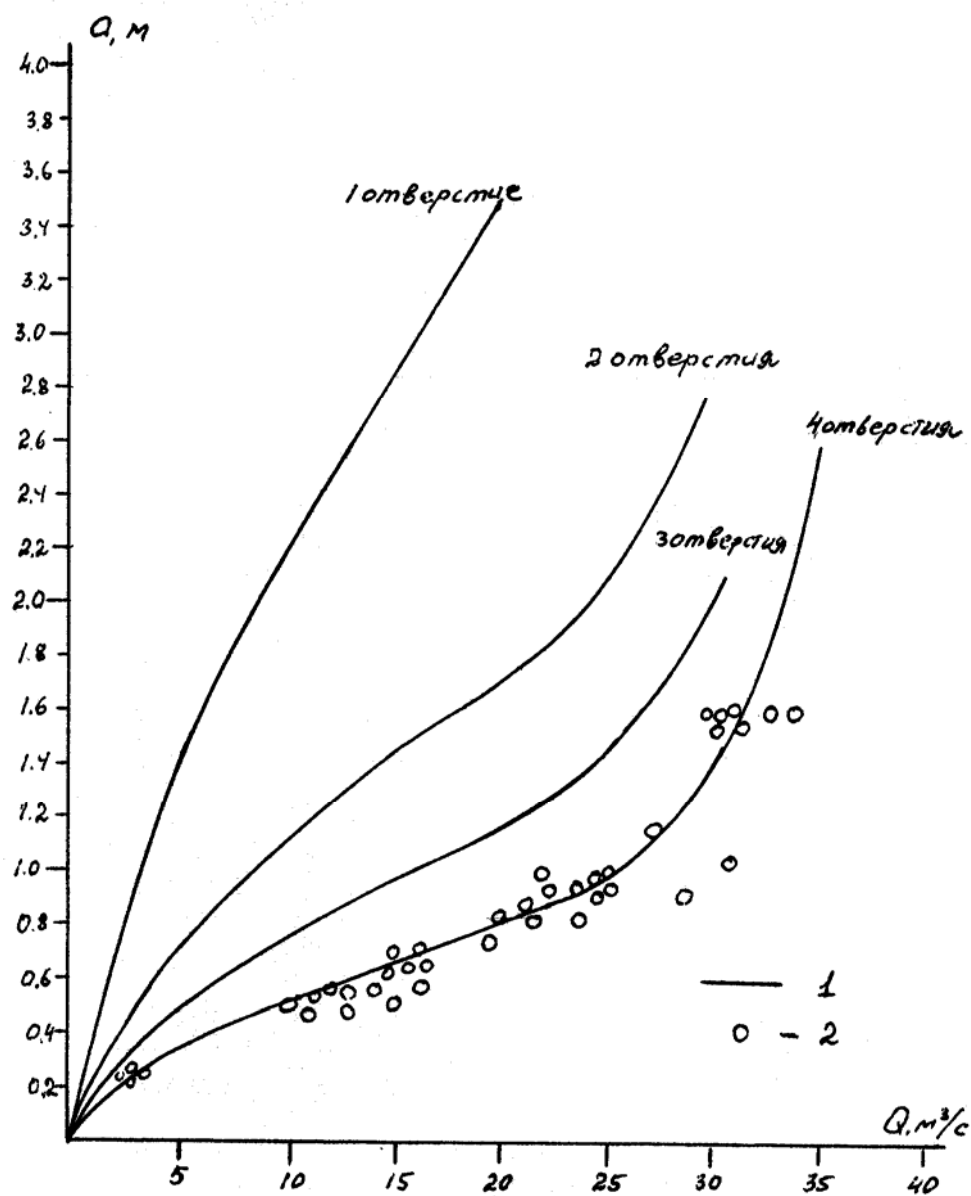
$$a = Q_k / b \cdot n_i \cdot (0,94 - 0,197z) \sqrt{2g} \sqrt{z} \quad (18)$$

$$z = 2,28 - 0,076Q$$

Из рис. 4-7 видно, что результаты расчетов по приведенным выше формулам хорошо совпадают с натурными данными.

Отличительная особенность предлагаемой методики градуировки состоит в том, что для различного сочетания одновременно открытых отверстий с помощью градуировочных характеристик можно построить таблицы координат в виде  $a = f(Q)$ , из которых однозначно определяется величина открытия затворов в зависимости от заданного расхода воды.





**Рис. 4. График  $a = f(Q, n)$  ПМК Казалинского гидроузла**

1 - расчет по предлагаемому методу градуировки водопроводящих сооружений для различного сочетания одновременно открытых отверстий;  
2 - натурные данные САНИИРИ за 1972 г.

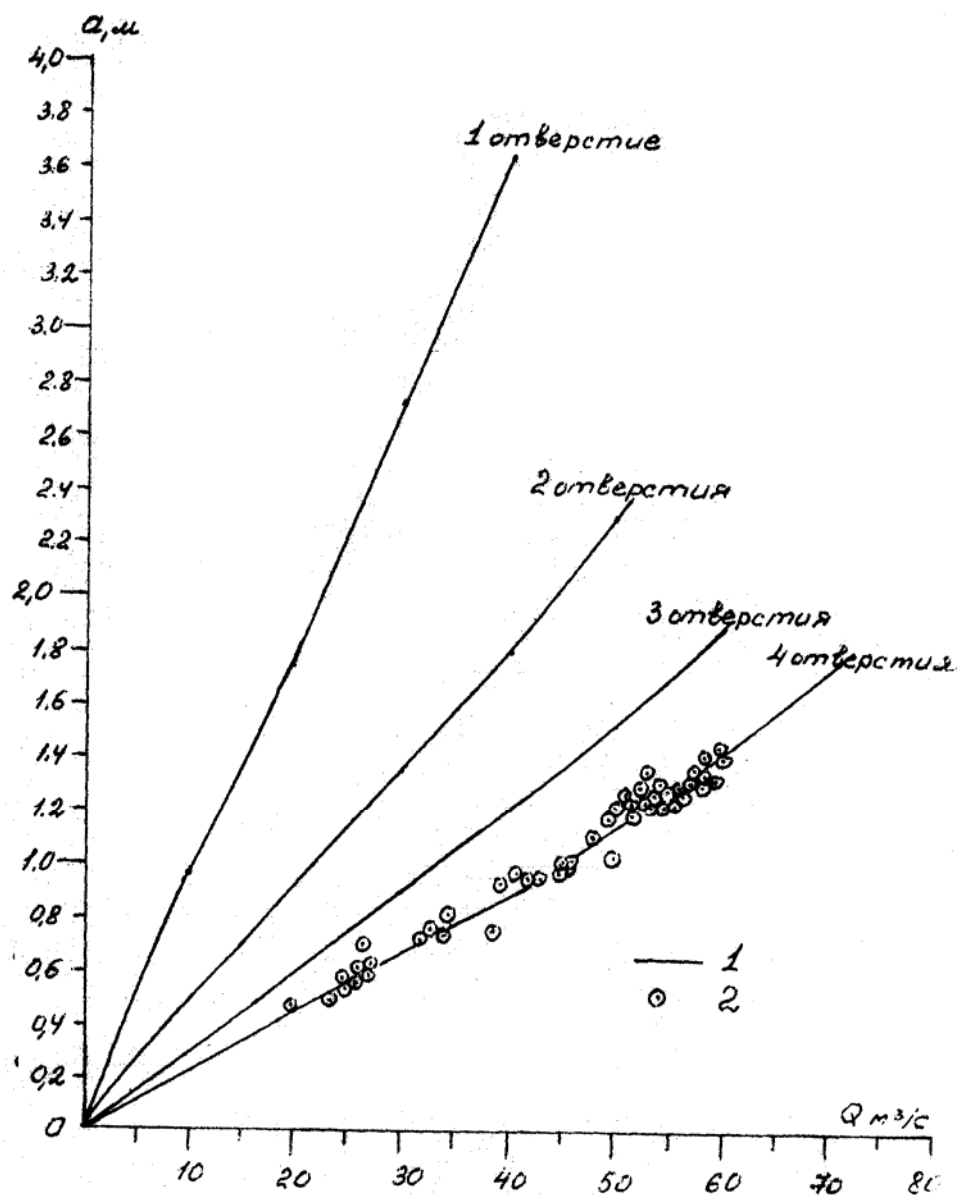


Рис. 5. График  $a = f(Q, n)$  ЛМК Казалинского гидроузла

1 - расчет по предлагаемому методу градуировки водопроводящих сооружений для различного сочетания одновременно открытых отверстий;  
2 - натурные данные САНИИРИ за 1972 г.

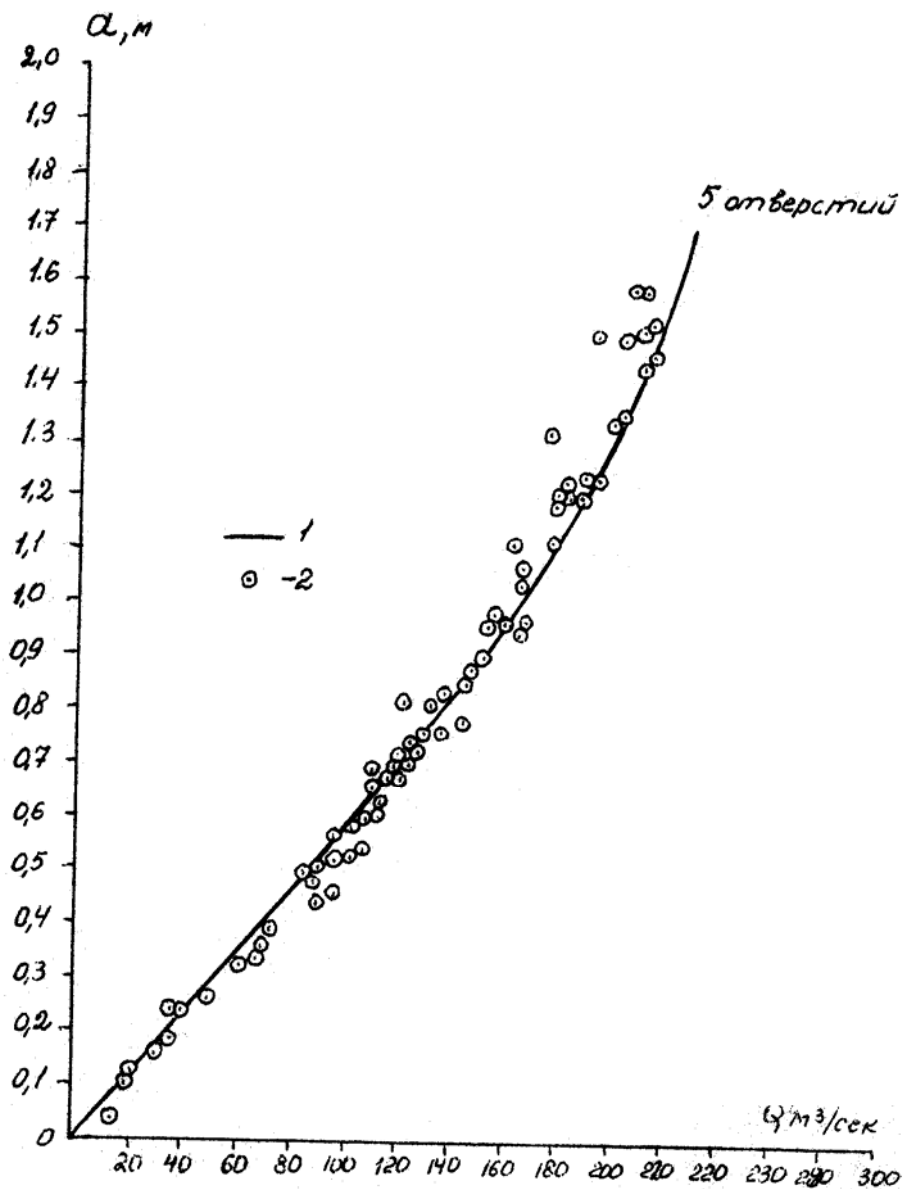


Рис. 6. График  $a = f(Q, n)$  головного сооружения канала «Дустлик»

1 - расчет по предлагаемому методу градуировки для 5 одновременно открытых отверстий;

2 - натурные данные службы эксплуатации

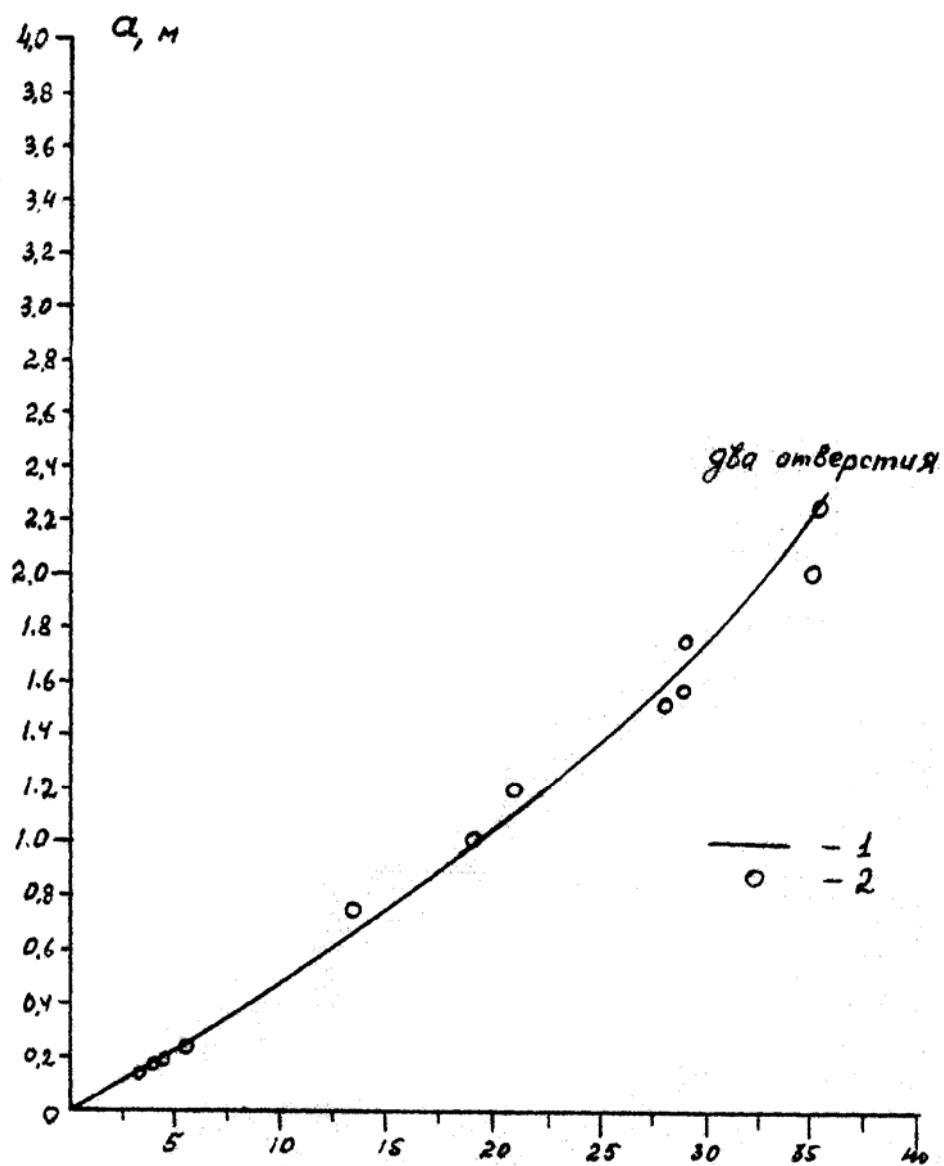


Рис. 7. График  $a = f(Q, n)$  канала «Рыбхоз» Казалинского гидроузла  
1 - расчет по предлагаемому методу градуировки для 2 одновременно открытых отверстий;  
2 - натурные данные САНИИРИ за 1972 г.

В приведенных выше формулах используется величина перепада уровней в виде разности отметок горизонтов воды верхнего и нижнего бьефов. Если дно сооружения и дно канала находятся на одной отметке, то величину перепада уровней можно определить по выражению:

$$z = H - h_H, \quad (19)$$

где:

$H$  – наполнение перед сооружением;

$h_H$  – глубина наполнения канала, которая может быть определена по зависимости общего вида

$$h_H = KQ^X, \quad (20)$$

где:  $X$  – показатель степени, изменяющийся для каналов в пределах 0,375-0,5.

С использованием имеющихся данных натуральных наблюдений изменения глубины от расхода воды нами построены графики  $h_H = f(Q)$  и получены уравнения следующего вида:

$$\text{для ПМК } h_H = 0,546Q^{0,414}, \quad (21)$$

$$\text{для ЛМК } h_H = 0,67 + 0,297Q^{0,467} \quad (22)$$

Градуировочные характеристики, с учетом (20) и (21) будут иметь вид:

ПМК

$$a = Q/b \cdot n \cdot [0,75 - 0,3(2,16 - 0,058Q)] \sqrt{2g} \sqrt{H - 0,546Q^{0,414}}, \quad (23)$$

ЛМК

$$a = Q/b \cdot n \cdot [0,217 \cdot (2,24 - 0,019Q)] \sqrt{2g} \sqrt{H - (0,67 + 0,297Q)^{0,467}} \quad (24)$$

Более подробно предлагаемая методика градуировки изложена в методических указаниях, изданных в САНИИРИ.

Для широкого практического использования методики предполагается составить компьютерную программу, которая будет включать разделы формирования аналитических управлений для определения коэффициента расхода воды по данным градуировки, выявления зависимости напора (перепада уровней) от расхода воды, составления градуировочных характеристик и вычисления таблиц координат, которые повышают точность водоучета и оперативность водораспределения.

УДК 626.814

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ

В.А. Скрыльников

САНИИРИ

*СУВ ОМБОРЛАРИНИНГ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИШОНЧЛИГИНИ ОШИРИШ*

*Скрыльников В.А.*

*Маколада сув омборларининг эксплуатация ишончлигини ошириши яъни уларнинг хажмини лойка чукишдан сакловчи турли тавсияномалар куриб чикилган. Хозирги шароитда уларнинг баъзиларини куллаш мумкин холос.*

*Таклиф этилаётган айланма канал оркали муаллак лойка заррачалар сугориши учун далага берилади ва лойкадаги органик ва турли микроэлементлар хисобига кишлок хужалик экинларининг хосилдорлиги оширилади.*

*Сув омборининг тубидаги чукиндилардан тозаловчи, яъни тугондаги босим хисобига ишловчи курилма ишлаб чикилди.*

*Курилма лаборатория шароитида синаб курилди. Тажрибадан олинган маълумотлар асосида курилманинг унумдорлиги аниқловчи хисобий графиклари тузилди. Курилманинг унумдорлиги лойка сурувчи снарядларининг унумдорлигидан юкорилиги аниқланди.*

Надежность водохранилищ оценивается различными показателями и прежде всего надежностью регулирования стока и устойчивостью плотин и различных сооружений, входящих в состав комплекса.

Принятые в проекте параметры водохранилищ в процессе эксплуатации существенно изменяются в зависимости от происходящих процессов, главным из которых является отложение наносов в зоне подпора, за счет чего снижается регулирующая емкость и на определенном этапе нарушается водообеспеченности орошаемых земель.

Фактические наблюдения за процессом заиления со стороны службы эксплуатации в настоящее время, за редким исключением, нигде не проводятся ввиду их высокой стоимости. Поэтому мы собрали сведения о фактическом заилении некоторых водохранилищ, а неизвестные объемы заиления дополнили расчетом до уровня 2000 г.

Отдельные водохранилища имеют следующую степень заиленности: Чимкурганское – на 21; Южносурханское – на 38; Ташкентское – на 25; Туямуюнское – на 42; Каттакурганское – на 13,2; Андижанское – на 20 %.

Приведенные данные указывают на необходимость расчета прогноза заиления для всех водохранилищ республики и разработки мероприятий по его снижению и увеличению емкостей водохранилищ.

Рассмотрим существующие и предлагаемые способы увеличения срока службы и эффективности эксплуатации водохранилищ и сделаем оценку возможности их использования.

## 1. Пониженный уровненный режим эксплуатации

Все водохранилища классифицируются по степени проточности, которая оценивается коэффициентом водообмена  $K_v$ , представляющего собой отношение забираемого из водохранилища объема воды (или годовой сток реки) к полному объему водохранилища, т. е.

$$K_v = S / W$$

Для исключительно большой водообменности значение коэффициента  $K_v$  равно 10; очень большой – 10-4; большой – 4-2; средней – 2-1; небольшой – 1-0,5; малой  $\leq 0,5$ . Для Чарвакского водохранилища  $K_v=3,3$ ; Кайраккумского – 3,6; Нурекского – 1,8; Тедженского – 2,9. У водохранилищ многолетнего регулирования  $K < 1,0$  например, для Токтогульского  $K = 0,5$ .

Целый ряд исследователей считает, что пропуск паводка по водохранилищу при пониженных уровнях увеличит проточность бьефа и позволит пропустить транзитом часть взвешенных наносов в нижний бьеф. Однако это не подтверждено экспериментально, поскольку отсутствовала методика расчета степени осветления водохранилища при различных уровнях воды в нем.

Для определения возможности применения пониженного уровня эксплуатации мы разработали рекомендации по определению объема водохранилища, начиная с которого будет происходить вынос наносов в нижний бьеф. Они предусматривают нанесение на продольный профиль водохранилища ряда уровней – снижения, для каждого из которых определяется длина рассматриваемого бьефа, рассчитывается объем устойчивого русла, объем водохранилища по фактической кривой  $H = f(W)$  и по выражению  $W_n^1 = 8,33 W_p$  объем бьефа, начиная с которого будет происходить сброс наносов в нижний бьеф. По значению этого объема можно найти уровень снижения. Как показали наши исследования пониженный уровненный режим можно использовать в основном для водохранилищ с объемом  $W_n^1 \leq 8,33 W_p$ , в которых преобладает вторая стадия заиления. Однако в Средней Азии преобладают водохранилища преимущественно первая стадия с полным отложением наносов, и поэтому пониженный уровненный режим для них требует выпуска больших масс воды из водохранилища, что может привести к нарушению заданной водообеспеченности, так как оставшегося стока воды в реке может не хватить для заполнения водохранилища.

## 2. Устройство по удалению наносов со дна водохранилищ

Схема предлагаемого устройства приведена на рис. 1.

Отложившиеся наносы разрабатываются потоком, проходящим с большими скоростями в узкое пространство между грунтозаборником и дном, транспортируются по трубопроводу в нижний бьеф за счет использования суммарного напора на гидроузле (статического и эжекционного).

Для проверки эффективности работы предлагаемого устройства отделом водохранилищ НПО САНИИРИ (Закурдаев А.К.) были проведены модельные исследования устройства.

На основании выполненных лабораторных исследований были построены расчетные графики зависимость  $\rho_n = f(V_{вс}, V_{пер})$  изменения плотности пульпы от скорости всасывания и скорости перемещения грунтозаборника.

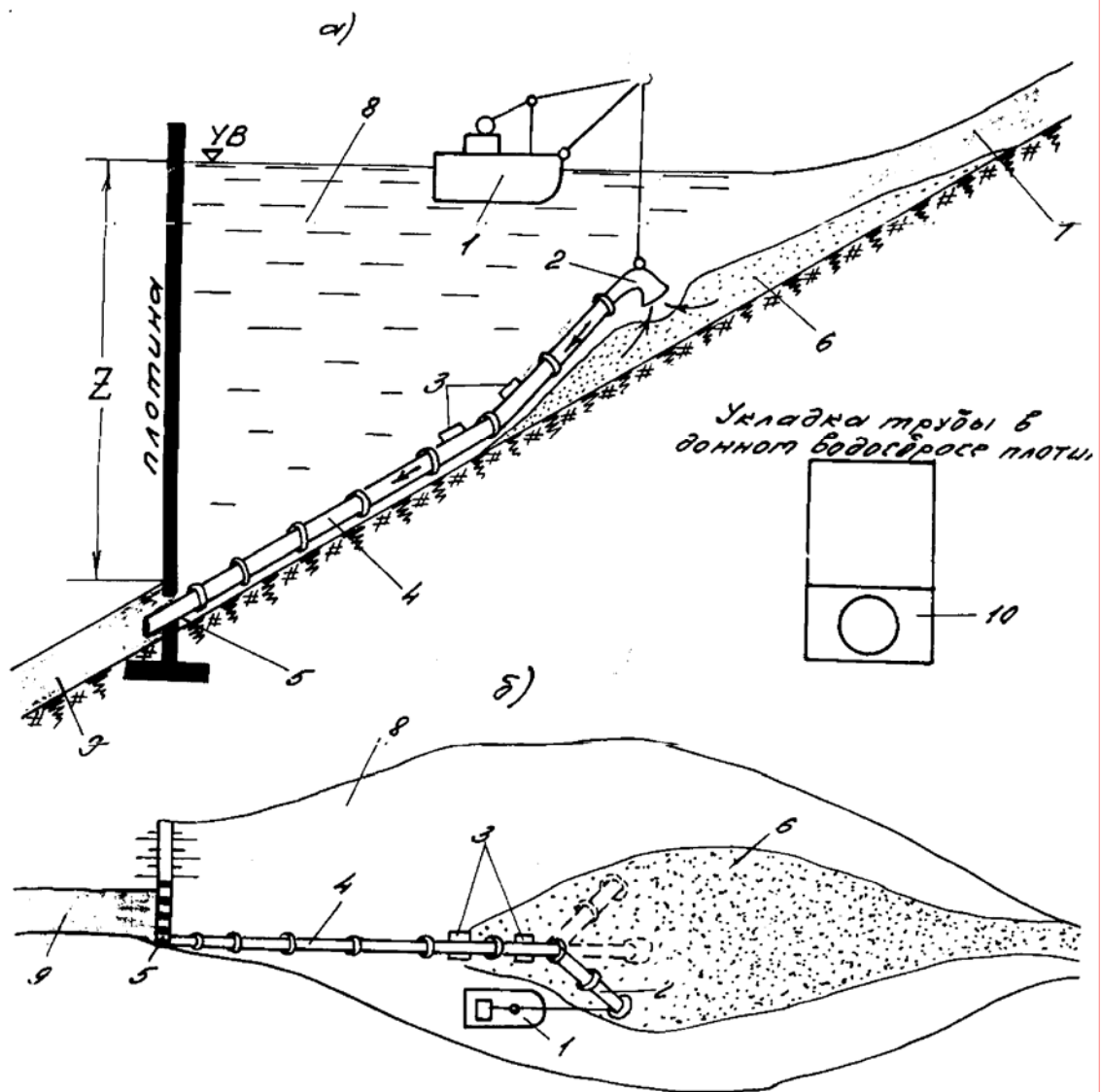


Рис.1. Устройство для удаления наносов, отложившихся в водохранилище  
а) продольный разрез; б) план

- 1- плавсредства для перемещения всасывающего патрубка;
- 2- грунтозаборника;
- 3- понтоны для создания плавучести трубопровода;
- 4- трубопровод;
- 5- донный сброс плотины;
- 6- отложившиеся наносы;
- 7- мутный поток в бытовом русле;
- 8- осветленный поток водохранилища;
- 9- мутный поток в нижнем бьефе водохранилища;
- 10- надставной порог, устанавливаемый в пазы затворов.



В табл. 1 приводятся сведения об эффективности работы устройства в сравнении с существующими земснарядами.

Таблица 1

### Результаты расчета производительности устройства

Диам. трубы D, м	$\lambda$	$h_{\text{пот}}$	$\omega_2$ , м <sup>2</sup>	Сток воды, м <sup>3</sup> /час	Мутность потока, т/м <sup>3</sup> отлож.		Объем смыва, м <sup>3</sup> /с. отлож.		Производит. земснаряда, м <sup>3</sup> /с
					све-жих	уплот.	све-жих	уплот.	
0,5	0,0123	1,50	0,196	706	0,165	0,117	73,25	51,60	42
0,3	0,0185	2,20	0,0707	254	0,165	0,117	26,40	18,50	10
0,2	0,0264	3,13	0,0314	113	0,165	0,117	11,60	8,26	8
0,1	0,0497	5,90	0,0078	28	0,165	0,117	2,9	2,04	

Как видно из данных табл. 1, производительность предлагаемого устройства превышает производительность существующего земснаряда. Наряду с этим предлагаемое устройство работает за счет напора на гидроузле и не требует дорогостоящих энергетических затрат. Однако устройство требует ряд доработок. Необходимо усовершенствовать конструкцию шарнирного соединения грунтозаборника с основным трубопроводом, способ зарядки и разрядки устройства для нарушения длины трубопровода, многоводный грунтозаборника и т.п.

В 80-х годах в САНИИРИ и СНГ были начаты исследования по изготовлению пластмассовых высоконапорных труб большого диаметра, которые предполагалось использовать на устройстве. В настоящее время изготовление указанных труб в республике является большой проблемой, что ограничивает возможность применения устройства.

### 3. Использование плотных донных потоков для частичного сброса наносов в нижний бьеф

Вопросам условий образования, устойчивого протекания и поступления в сбросные отверстия плотины плотных потоков посвящены работы Леви И.И. [1] и Кулеша Н.П., Бочарина А.В. [2], Мухамедова Я.С. [3] и др.

Плотные или так называемые донные потоки, насыщенные мелкими взвешенными частицами, образуются в зоне устья водохранилищ. Эти потоки, более тяжелые, чем чистая вода, перемещаются в придонной области вплоть до плотины. При открытых донных отверстиях они сбрасываются в нижний бьеф, что позволяет сбросить в нижний бьеф определенное количество наносов, снижая объем заиления и увеличивая тем самым срок службы водохранилищ. Таким образом, удалось сбросить из водохранилищ Элефант Бют (США) 5, Фиксота (США) – 10, Кончас (Канада) – 15-30, Ирил Эмба (Алжир) – 25-47, Нурекского – 20-30, Гуантин (КНР) – 8-10 % наносов [1].

Для возникновения донного потока в водохранилищах необходимы определенная разница плотностей потока и воды в них; достаточное содержание мельчайших илистых частиц наносов, значительная мутность потока в бытовых условиях.

По натурным данным, в бытовом составе наносов должно быть не менее 50 % частиц размером  $d < 0,015-0,020$  мм. Минимальная мутность для образования донного

потока равна примерно 4-5 кг/м<sup>3</sup>. Так, в водохранилищах КНР образование устойчивого плотного потока наблюдалась при мутности воды в реке 5-10 кг/м<sup>3</sup>, в Нурекском водохранилище – при 4-10 кг/м<sup>3</sup>. В отдельных случаях плотный поток образуется при мутности 3 кг/м<sup>3</sup>.

Приведем расчетные формулы.

По Леви И.И. [1], минимальная относительная плотность донного потока определяется по формуле

$$\gamma_{\text{vin}}^1 = \frac{8(\lambda_g + 2\lambda_k)g^2}{2g I_o^1 H_1^3} \quad (1)$$

где

$\lambda_g=0,005$ ;  $\lambda_k=0,010$ ;

$I_o$  - уклон дна водохранилища;

$H_1$  – глубина воды в водохранилище перед плотиной.

Относительная плотность донного потока

$$\gamma^1 = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1} \quad (2)$$

Плотность донного потока  $\gamma_1$  определяется по выражению

$$\gamma_1 = 1 + \left( \frac{\gamma_n - 1}{\gamma} \right) \quad (3)$$

Высота плотного потока рассчитывается по формуле Пекинского научно-исследовательского института гидротехники (ПНИИГ)

$$h_n = 1,2 \sqrt{\frac{g^2}{(\gamma_1/\gamma)}} \quad (4)$$

Определение мутности сбрасываемого потока, для отверстия сосредоточенной площади (отношение ширины отверстия к его высоте  $v/h_1=2-3$  рекомендуется производить по методу Бочарина А.В. [2]

$$\rho_{\text{сб}} = \rho_1 \left[ f \left( \frac{Z_i}{Z_{\text{пр}}} \right) Z_{\text{пр}} \right], \quad (5)$$

где

$Z_i$   
 $f \left( \frac{Z_i}{Z_{\text{пр}}} \right)$  - функция, имеющая следующие значения  
 $Z_{\text{пр}}$

$z_i$ ----- $z_{np}$	0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$z_i$ f(---) $z_{np}$	0,500	0,430	0,390	0,350	0,300	0,250	0,200	0,140	0,064	0,028	0,000

Значение  $z_i$  определяется по выражению

$$z_i = \frac{d}{2} h_n,$$

$$z_{np} = \sqrt[5]{\frac{2g_0^2}{g_1}}, \quad (6)$$

где  $g_0 = Q/2\pi$ ;  $g_1 = g \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1}$

Пример расчета:

Исходные данные:  $H_1 = 20$  м;  $J_0 = 0,0010$ ;  $Q = 200$  м<sup>3</sup>/с;  $B = 100$  м;  $\rho_6 = 18,8$  кг/м<sup>3</sup>.

Определяем плотность донного потока  $z_{np}$  по формуле

$$\gamma_1 = 1 + (1,65/2,65) 18,8 = 1,01165 \text{ т/м}^3.$$

Мутность донного потока будет равна 11,65 кг/м<sup>3</sup>.

Высота плотного потока

$$h_n = 1,2 \sqrt[4]{\frac{4}{1,01165 \times 9,8/1,0}} = 0,76 \text{ м}$$

Для сброса донного потока в нижний бьеф предполагается использовать одно отверстие в виде трубы  $d = 6$  м. При напоре 20 м расход воды через водовыпуск составит 282 м<sup>3</sup>/с.

Величина  $z_1 = d/2 - h_n = 3 - 0,76 = 2,24$  м. Отношение  $z_i/z_{np} = 2,24/7,09 = 0,316$ ,

$f(z_i/z_{np}) = 0,34$ ;  $\rho_{сб} = 11,65 \times 0,34 = 3,96 \cong 4$  кг/м<sup>3</sup>

При бытовой мутности  $\rho = 18,8$  кг/м<sup>3</sup>, тогда

$$z_{np} = \sqrt[5]{\frac{2(31,84)^2}{0,113}} = \sqrt[5]{17943} = 7,09 \text{ м}$$

сброс наносов в нижний бьеф составит 21,2 %.

Этот способ расчета является экономически целесообразным и наиболее возможным для применения в настоящих условиях.

#### 4. Эффективность строительства обводных каналов

Обводной канал как один из способов борьбы с заилием известен давно, но практическое применение его сдерживалось отрицательным эффектом из-за малого уменьшения интенсивности заилиения и большого объема земляных работ по каналу. В действительности, экономический эффект от этого способа может быть достигнут за счет ряда показателей: продления срока службы водохранилищ, уменьшения потерь на испарение и фильтрацию, улучшения плодородия почв за счет выноса на поля илистых частиц и т. п.

##### а) Продление срока службы водохранилищ

Уменьшить интенсивность заилиения можно за счет пропуска части наносов по обводному каналу в обход водохранилища с головным сооружением в реке выше водохранилища. Сток наносов за расчетную единицу времени (декада, месяц, год) подсчитывается по выражению

$$Q_{\kappa} = \sum_{i=1}^n Q_{ki} \cdot \rho_{pi} \cdot T_i / \gamma_n \quad (7)$$

где

$Q_{ki}$  – средний расход воды в канале за расчетную единицу времени, м<sup>3</sup>/с.

$\rho_{pi}$  - речная мутность потока, средняя за расчетный интервал времени, кг/м<sup>3</sup>;

$T_i$  - число секунд в расчетной единице времени;

$\gamma_n$  - плотность наносов.

Сток речных наносов определяется по формуле

$$G_p = \sum_{i=1}^n Q_{pi} \cdot \rho_{pi} \cdot T_i / \gamma_n \quad (8)$$

Соотношение стока наносов канала и реки можно записать в виде откуда сток наносов, поступающих в водохранилище, будет равен

$$Q_B = G_p - G_{\kappa} = G_p \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ki}}{\sum_{i=1}^n Q_{pi}} \right) \quad (10)$$

Из представленного выражения видно, что количество наносов, поступающих в водохранилище, уменьшится пропорционально отводящему стоку воды. Чем больше воды пропускается в обход водохранилища, тем меньше в него поступает наносов, за счет чего продлевается срок службы водохранилища.

$$K_B^1 = \frac{S_p^1 - S_p - S_{\kappa}}{W_n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_p T_i - \sum_{i=1}^n Q_{\kappa} T_i}{W_n} = K_B - K_{B\kappa} \quad (11)$$

Кроме того, при наличии обводных каналов регулирующая емкость водохранилища как бы увеличивается на величину обводного стока воды. Это позволяет создавать дополнительные запасы воды в водохранилище, что особенно необходимо для маловодных лет. С другой стороны, коэффициент водообмена, уменьшая, что снижает проточность и несколько увеличивает интенсивность заиления.

Новый коэффициент водообмена можно определить по выражению

#### **б) Уменьшение потерь воды из водохранилищ на испарение и фильтрацию**

Объем воды в водохранилище можно уменьшить на величину стока воды пропускаемой по обводному каналу, т.е.

$$W_{св} = W_n - \sum_{i=1}^n Q_{ki} T_i \quad (12)$$

Эксплуатация водохранилищ при меньшем объеме воды, чем по проекту, в период половодья, когда температура воздуха и воды имеет небольшие значения, уменьшит площадь зеркала и сократит частично потери на испарение и фильтрацию. Потери на фильтрацию обычно определяются от отметки уровня воды в водохранилище, либо от объема воды в нем.

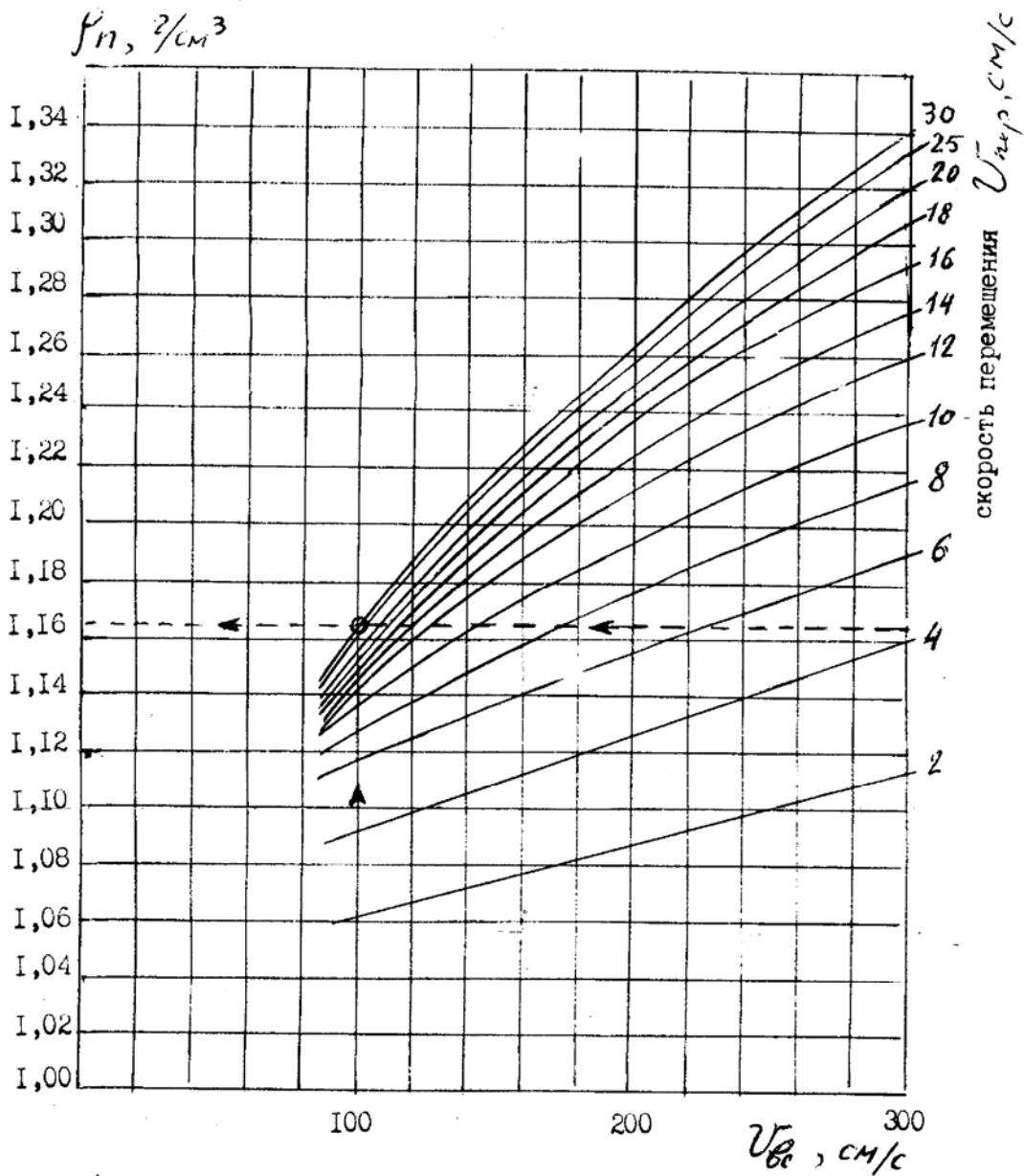


Рис. 2. кривые зависимости  $\rho_n = f(V_{вс}, V_{пер})$  плотности пульпы от скорости всасывания и перемещения для свежееотложенных наносов

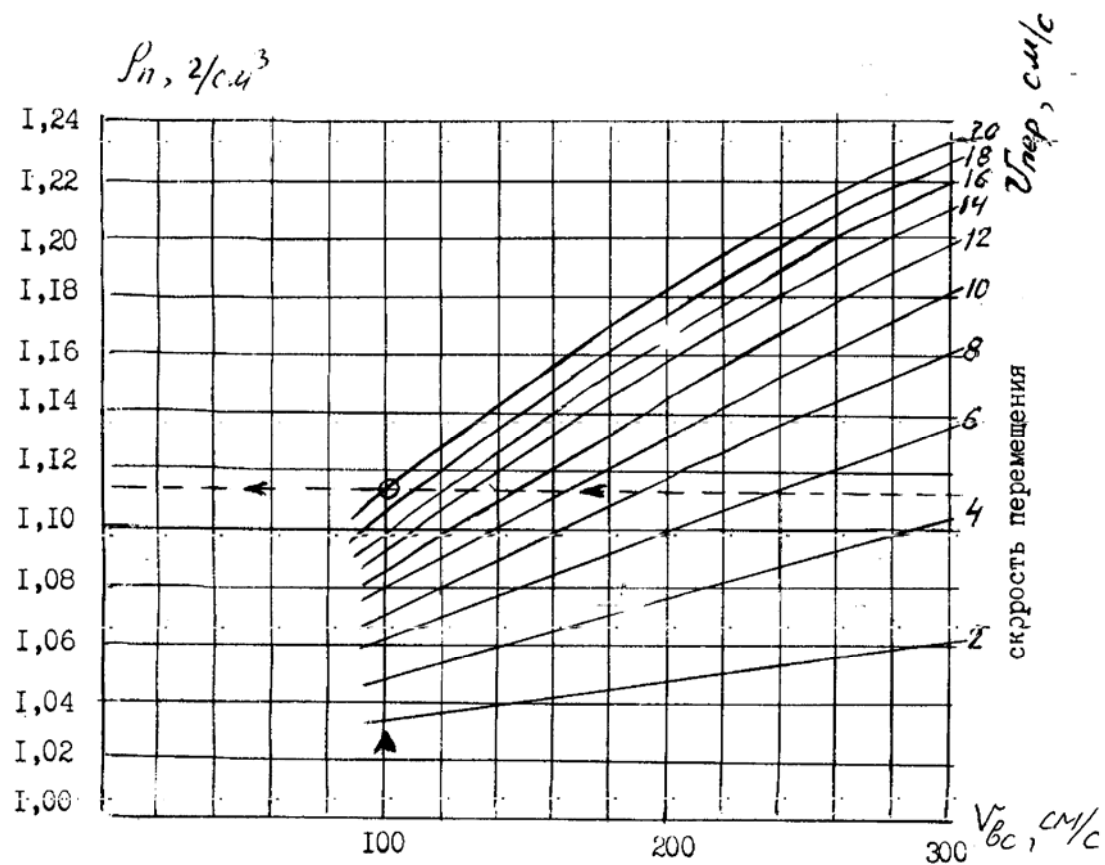


Рис. 3. Кривые зависимости  $\rho_n = f(V_{вс}, V_{пер})$  плотности пульпы от скорости всасывания и перемещения для уплотненных отложений

### **в) Уменьшение потерь на фильтрацию в каналах и на полях орошения**

Известно, что подача чистой воды увеличивает в каналах потери на фильтрацию за счет смыва кольматационного слоя. На орошаемых полях чистая вода создает условия неравномерного полива. В начале поливной борозды наблюдается переувлажнение почвы, в конце – недоувлажнение. Это приводит к снижению урожайности сельхозкультур и дополнительным потерям воды на фильтрацию. Подача мутной воды по обводным каналам приведет к кольматации грунта и снижению потерь на фильтрацию как в каналах, так и на полях орошения.

### **г) Улучшение плодородия почв за счет выноса илистых частиц на поля орошения**

Обводные каналы позволяют транспортировать потоком илистые частицы на орошаемые поля. Среднеазиатские илистые наносы по содержанию минеральных и органических веществ богаче известных нильских наносов. В оросительной норме 12000-15000 м<sup>3</sup>/га амударьинской воды содержится 200 кг гумуса, 13,4 кг азота, 33,0 кг Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> (подвижного 0,45), 528,0 кг К<sub>2</sub>О (подвижного 18,0), 2710 кг СаО, 19 кг MgO, 66 кг TiO. [4] Поэтому подача мутной воды на орошаемые поля будет бесспорно способствовать улучшению плодородия почв и повышению урожайности сельхозкультур. Обводные каналы наиболее пригодны для этих целей. Однако их использование ограничивается условиями местности.

Таким образом, для повышения эксплуатационной надежности водохранилища реальными для практического применения являются плотные потоки и обводные каналы.

Все рассмотренные выше рекомендации относятся к условиям заиления водохранилищ речными наносами. Но на ряде водохранилищ наблюдается процесс размыва берегов ветровыми волнами и объема и существенного роста по этой причине отложений. Значительный размыв берегов наблюдается, как правило первые 12 лет, затем интенсивность размыва существенно снижается и в дальнейшем объем отложений после этого изменяется, в основном, только за счет речных наносов.

Для тех водохранилищ, где этот процесс имеет место, защитить берег можно с помощью подводной дамбы с горизонтальной бермой [5].

## ***ЛИТЕРАТУРА***

1. Леви И.И., Кулеш Н.П. Движение сильно насыщенного мелкими наносами потока в водохранилищах и особенности методики расчета заиления таких водохранилищ. Труды лаборатории озераведения АН СССР, 1958, том УП, с.87-90.
2. Бочарин А.В. Основы расчета поступления плотных потоков в водозаборные отверстия. В кн.: Вопросы гидротехники. Ташкент, 1963 г., вып. 13, с.105-122.
3. Мухамедов Я.С. и др. Условия образования и движения донного плотного потока в водохранилище Нурекской ГЭС. Заиление водохранилищ и борьба с ним. М., Колос, 1970 г., с.18-31.
4. Ключанова И.А. Взвешенные наносы Амударьи и их ирригационное значение. М.: Наука, 1971, 112 с.



5. Скрыльников В.А. и др. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ. Ташкент, “Мехнат”, 1987 г., 243 с.

УДК 626.814

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЕКТНЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ КРИВЫХ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА ОТ НАПОЛНЕНИЯ ПЕРЕД ПЛОТИНОЙ**

В.А. Скрыльников, Л. Абдураупов

*САНИИРИ*

*ТУГОННИНГ ОЛД КИСМИНИ ТУЛИШИДА СУВ ОМБОРИНИНГ ХАЖМИНИ ЛОЙИХАВИЙ ВА АМАЛИЙ УЗГАРИШНИ ХИСОБЛАШ УСУЛИ*

*Скрыльников В.А., Абдураупов Л.Р.*

Сув омборининг чукиндилар билан тулиш жараёнида, унинг лойихавий иш тартиби узгаради. Шу сабабли лойихавий эGRIDан фарк киладиган асл эгрини аниклаш керак. Хакикий эгри, сув омборининг хар хил тулиш даврида сув юзасини улчаш оркали аникланади ва улчанган йилнинг эгрисини акс эттиради, чунки бу эгри сув омборини лойка босиш жараёни узлуксиз булгани учун, хар йили узгариб туради. Хозирги даврда улчаш ишлари кимматлашгани учун лойихавий ва лойкаланишни турли боскичлари башорат килинадиган хакикий эгрларни хисоблаш усули ишлаб чикилди.

*Таклиф этилаётган усул Чимкургон сув омборининг 1996, 2030, 2050 йиллар учун эгрисини башорат килишда кулланилди.*

*1996 йил натижаларини “Сувхужназорат” диагностик марказининг хакикий эгриси билан таккосланганда уларнинг бир-бирига якинлигини курсатди.*

Режим работы водохранилищ Узбекистана тесно связан с характером изменения их объема от наполнения перед плотинной. Большое количество взвешенных и донных наносов в реках региона вызывает нежелательные различные процессы, происходящие в бьефах гидроузлов. Процесс отложения наносов существенным образом изменяет первоначальные параметры водохранилища, за счет чего изменяются проектные графики объемов водохранилищ от наполнения перед плотинной, нарушается проектный режим работы и снижается их регулирующая способность.

Составление диспетчерских графиков, характеризующих либо уровненный режим, либо изменение объема по времени, производится в целом ряде случаев по проектной кривой изменения объема от наполнения. Фактическая кривая, полученная по данным натурной съемки площади зеркала при нескольких значениях наполнения, прежде всего, отражает кривую на год съемки, которая ежегодно изменяется, так как процесс заиления протекает непрерывно. Учитывая, высокую стоимость натурных исследований, в настоящее время, разработка методики расчета проектных и фактических кривых, характеризующих степень изменения полезной емкости водохранилищ и уточняющих их режим работы для разных этапов заиления, имеет большое практическое значение.

Ниже приводятся описания проектных кривых изменения объемов ряда водохранилищ от наполнения перед плотиной в виде аналитических функций

- |                    |                                  |      |
|--------------------|----------------------------------|------|
| 1. Чимкурганское   | $H_{np} = 2,37 W^{0,40}$         | (1)  |
|                    | $W_{np} = 0,115 H_{np}^{2,5}$    | (2)  |
| 2. Южносурханское  | $H_{np} = 1,29 W^{0,445}$        | (2)  |
|                    | $W_{np} = 0,564 H_{np}^{2,25}$   | (4)  |
| 3. Кайраккумское   | $H_{np} = 0,392 W^{0,469}$       | (5)  |
|                    | $W_{np} = 7,4 H_{np}^{2,132}$    | (6)  |
| 4. Чардарьинское   | $H_{np} = 0,805 W^{0,353}$       | (7)  |
|                    | $W_{np} = 1,865 H_{np}^{2,833}$  | (8)  |
| 5. Бугуньское      | $H_{np} = 1,56 W^{0,38}$         | (9)  |
|                    | $W_{np} = 0,315 H_{np}^{2,63}$   | (10) |
| 6. Каттакурганское | $H_{np} = 0,892 W^{0,49}$        | (11) |
|                    | $W_{np} = 0,091 H_{np}^{2,04}$   | (12) |
| 7. Кассансайское   | $H_{np} = 5,22 W^{0,75}$         | (13) |
|                    | $W_{np} = 0,031 H_{np}^{2,105}$  | (14) |
| 8. Ташкентское     | $H_{np} = 8,16 W^{0,29}$         | (15) |
|                    | $W_{np} = 0,00073 H_{np}^{3,44}$ | (16) |

На рис. 1 приведена кривая  $H = f(W)$  Чимкурганского водохранилища по данным проекта и по расчету проектной кривой согласно уравнению (1). Видно, что результаты расчета проектной кривой совпадают с проектными данными в широком диапазоне расходов воды и подтверждают возможность описания их в аналитическом виде.

В процессе заиления полезная емкость водохранилищ сокращается, форма кривой изменения объемов от наполнения тоже будет изменяться в зависимости от объемов отложений.

В 1985 г. в САНИИРИ выполнено измерение объемов заиления Ташкентского водохранилища и установлено, что объем заиления на этот период составил  $46,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$  и, таким образом, свободный от отложений наносов объем Ташкентского водохранилища –  $203 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

По данным гидрологического ежегодника за 1985 г. составлен пентадный водобалансовый расчет и построен график  $H = f(W)$ . Если принять объем водохранилища этого года  $203,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ , то, используя результаты по данным пентадного водобалансового расчета, можно получить уравнение фактической кривой следующего вида:

$$H_{\phi} = 8,68 W^{0,29}, \quad (17)$$

Сравнивая уравнения (17), (1) и (15), можно утверждать, что показатель степени в уравнении (17) имеет то же значение, что и в уравнении (15) проектной кривой и равен 0,29. Коэффициент же пропорциональности изменяется в зависимости от объема заиления и его можно определять по выражению



$$K_{\phi} = H_{max} / W_{св}^{X_{np}}, \quad (18)$$

где:

- $H_{max}$  - наибольшее наполнение перед плотиной при отметке НПУ; для Ташкентского водохранилища  $H_{max} = 40,5$  м;  
 $W_{св}$  - свободный от отложений наносов объем воды в водохранилище; в нашем случае  $W_{св} = 250 - 46,2 = 203,8 * 10^6 \text{ м}^3$ ;  
 $X_{np}$  - показатель степени проектной кривой.

Коэффициент пропорциональности фактической кривой для Ташкентского водохранилища на 1985 г. будет равен

$$K_{\phi} = 40,5 / 203,8^{0,29} = 8,68$$

Уравнение фактической кривой Ташкентского водохранилища на 1985 г. будет иметь следующий вид:

$$H_{\phi} = 8,68 W^{0,29}, \quad (19)$$

Таким образом, для того, чтобы построить фактическую кривую, необходимо знать объем заиления и аналитическое выражение проектной кривой.

Для Чимкурганского водохранилища объем заиления на 1996 г. составил  $97,44 * 10^6 \text{ м}^3$ . Согласно формуле (1), показатель степени равен 0,4. Параметр фактической кривой при  $H_{max} = 28,7$  м (при НПУ) будет равен:

$$K = 28,7 / 402,56^{0,4} = 2,607 \approx 2,61,$$

Уравнение фактической кривой на 1996 г. будет иметь следующий вид

$$H_{\phi} = 2,61 W^{0,4}, \quad (20)$$

На рис. 1 кроме проектной кривой приведены результаты расчета проектной кривой по уравнению (1), расчета фактической кривой, по предлагаемой методике (уравнение (20)) и фактическая кривая по натурным данным, диагностического центра Водхознадзора РУз на 1996 г.

Как видно из рис. 1, прогнозная фактическая кривая, полученная по уравнению (20) на 1996 г., совпадает с кривой натурных данных диагностического центра Водхознадзора, что подтверждает достоверность предлагаемой методики прогноза фактических кривых  $H = f(W)$ . В табл. 1 приведены результаты вычислений фактических кривых для разных этапов заиления на период до 2050 г.

Предлагаемая методика позволит намного реже проводить дорогостоящие натурные исследования, в основном, будут необходимы для ее подтверждения. Полученная по натурным данным кривая  $H = f(W)$ , как указывалось ранее, справедлива только для того года, в котором проводились натурные исследования. С изменением объема заиления, эта кривая существенно меняется.

В методике прогноза фактических кривых  $H_{\phi} = f(W)$  используются данные по объему заиления, который может быть определен с помощью предложенного нами расчетного метода. Предложенный в [1] метод расчета заиления отличается от известных тем, что расчет ведется по двум стадиям.



**Первая стадия** – период полного отложения речных наносов в водохранилище.

**Вторая стадия** – время возрастающего выноса наносов в нижний бьеф по мере заиления верхнего бьефа.

Объем бьефа к началу второй стадии определяется по выражению

$$W_n^I = 8,3W_p, \quad (21)$$

Объем устойчивого русла, в котором поток транспортирует все фракции взвешенных наносов, определяется по выражению:

$$W_p = \frac{Q}{V_{mp}} \cdot L, \quad (22)$$

где:

- $Q$  - руслоформирующий расход воды, принимаемый как среднепаводковый;
- $V_{mp}$  - скорость транспортирования всех фракций взвешенных наносов, равная  $V_{mp} = 1,0 - 1,2$  м/с;
- $L$  - первоначальная длина верхнего бьефа.

Объем заиления первой стадии

$$W_3^I = W_n - W_n^I \quad (23)$$

Продолжительность заиления первой стадии

$$T_1 = W_3^I / G_o, \quad (24)$$

где:  $G_o$  – среднемноголетний сток наносов.

Вторая стадия рассчитывается по формуле:

$$2 = \frac{48,8 \cdot W_p \cdot 1,5}{G_o} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{W_n - W_3^I}} - \frac{1}{\sqrt{W_n}} \right) \quad (25)$$

где:  $W_3^{II}$  – объем заиления второй стадии.

Приведем расчет объема заиления Туямуньского руслового водохранилища.

Исходные данные

полный объем водохранилища -  $W_n = 2340 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>;

полезный объем -  $2070 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>;

длина водохранилища - 102 км;

среднепаводковый расход воды - 1350 м<sup>3</sup>/с;

среднемноголетний годовой сток наносов –  $70 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>;

объем устойчивого русла составляет

$$W_p = 1350/1 \cdot 102000 = 137,4 \cdot 10^6 \text{ м}^3;$$

отношение  $W_p/W_n = 0,059$  и 0,12

Заиление будет происходить в две стадии.

Объем водохранилища к началу второй стадии равен

$$W_n^I = 8,33 W_p = 1147 * 10^6 \text{ м}^3$$

Объем заиления первой стадии по уравнению (23) равен:

$$W_3^I = W_n - W^I = 2340 - 1147 = 1193 * 10^6 \text{ м}^3 .$$

Продолжительность заиления 1 стадии по уравнению (24) составляет

$$T_1 = W_3^I / G_o = 1193 / 70 = 17 \text{ лет}$$

Расчет объема заиления второй стадии производится по уравнению (25).

Определим параметры уравнения:

$$N_1 = \frac{48,8}{G_o} \cdot W_p^{0,5} = \frac{48,8 \cdot 137,7^{0,5}}{70} = 1126 \quad ,$$

$$N_2 = \frac{1}{W_n^I} = \frac{1}{1147} = 0,029 .$$

Результаты расчета первой и второй стадий приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Прогноз заиления Туямуюнского водохранилища**

№ п/п	Пз вторая стадия, $10^6 \text{ м}^3$	$\sqrt{W_n^I - W_3^{II}}$	$\frac{I}{\sqrt{W_n^I - W_3^{II}}} = A_1$	$\frac{I}{\sqrt{W_n^I}} = A_{21}$	$A_1 - A_2$	$T_2 = 1126 * (A_1 - A_2)$ , лет	$W_3 = W_3^I + W_3^{II}$ , $10^6 \text{ м}^3$	$T = T_1 + T_2$ лет
1	200	30,7	0,032	0,029	0,003	3,4	1396	20,4
2	400	27,3	0,36	0,029	0,007	7,9	1596	24,9
3	600	23,4	0,042	0,029	0,013	14,6	1793	31,6
4	800	18,6	0,054	0,029	0,025	28	1993	45,0
5	1000	12,12	0,082	0,029	0,053	59	2193	76,0

Результаты прогноза приведены на рис. 2, откуда, видно, что результаты расчета объема заиления Туямуюнского водохранилища хорошо совпадают с натурными данными.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Скрыльников В.А. Расчет заиления водохранилищ. Ж. Гидротехническое строительство. 1988 № 3.. С.30-33.
2. Скрыльников В.А. и др. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ, Ташкент. Мехнат. 1987. 243 с.

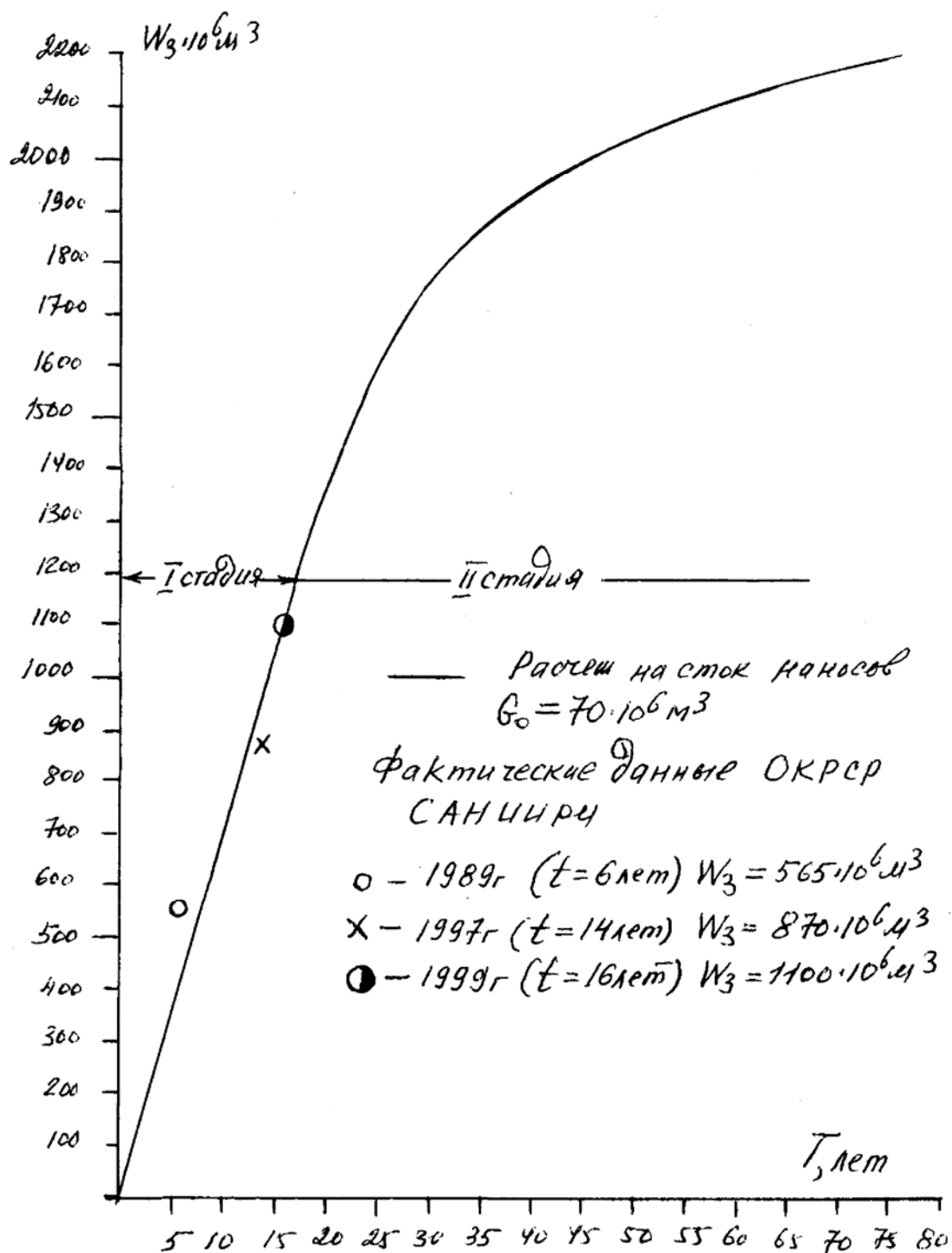


Рис. 2. Объемы заиления Туямуюнского водохранилища



УДК 626.814

## РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУДАРЬИ

О.А. Каюмов, А.Г. Сорокин

САНИИРИ

*АМУДАРЁ ДАРЁСИ ХАВЗАСИДА СУВ ОМБОРИНИ БОШКАРИШНИ  
РАЦИОНАЛИЗАЦИЯЛАШТИРИШ  
Каюмов О.А., Сорокин А.Г.*

*Вахи-Амударё каскади учун омборларининг узаро ростлаш функцияларини тақсимлаш ва Туямуйин гидроузели учун такомиллаштирилган ишлаш режимини тақлиф қиламиз. Туямуйин гидрозелининг Норак ва келажакдаги Рогун сув омборлари ишлаши билан боғланишни унга қулланиладиган сув микдорини узгарувчан деб қаралган. Такимлаштирилган режимни топиш учун хусусий ечимларни кетма-кет таҳлил қилишга асосланган. Вахи-Амударё каскади учун икки хил сохалаштирилган схемалар (ирригация-энергетик фойдаланишда ирригациянинг устиворлиги, ва аксинча энергетиканинг устиворлиги) тақлиф этилган. Улар асосида бошка вариантларни ҳам қуриб чиқиш мумкин.*

Бассейн Амударья имеет сложную структуру, со своими отличительными особенностями: р. Пяндж (основной источник водных ресурсов) - не зарегулирована. На Вахш функционирует одно водохранилище – Нурекское, осуществляющие сезонное регулирование стока в интересах гидроэнергетики; Среднее течение Амударья регулируется внутрисистемными водохранилищами, а нижнее – Туямуюнским гидроузлом.

Для создания алгоритма распределения регулирующих функций между речными и внутрисистемными водохранилищами в бассейне необходим анализ их функционирования, оценка проектных и существующих схем регулирования в привязке к современным требованиям водопотребителей.

Разработка модели р. Амударья должна основываться на схематизации морфологической структуры речной сети, включающей ствол реки, все ее основные притоки, сбросы (с системами озер), русловые и внутрисистемные водохранилища. Начинать моделирование рекомендуется с разбивки реки на балансовые участки, установления гидрологических связей балансовых участков с ирригационными системами по водозабору и возвратному стоку с выделением национальных зон, территорий влияния основной реки (Амударья) и местных источников (р. Заравшан, Кашкадарья, реки Туркменистана).

Основными объектами управления объемом стока р. Амударья являются: Нурекский, Туямуюнский гидроузлы; водозаборы среднего течения (Каракумский, Каршинский, Амубухарский каналы, суммарный водозабор Лебапского вилоята): водозаборы нижнего течения (Хорезм, Дашховузский вилоят, Каракалпакстан); внутрисистемные водохранилища – Зеидское, Талимарджанское, Тудакульское и Куюмазарское; озера Султандаг и Парсанкуль (Соленое), через которые осуществляются основные сбросы возвратного стока с Каршинского и Бухарского массивов; сброс с Лебапского вилоята (Туркменистан) по левобережному коллектору.

Проведена оценка регулирования стока в бассейне Амударьи. Основные результаты этой оценки можно сформулировать следующим образом.

Среднегодовое количество суммарных водных ресурсов Большого амударьинского бассейна (р. Амударья, ее притоки, бассейны р.р. Кашкадарья, Зерафшан, Мургаб, Теджен, Атрек) составляет  $79 \text{ км}^3$ , из которых на водные ресурсы Амударьи и ее притоки приходится  $70 \text{ км}^3$ . Располагаемые к использованию ресурсы Амударьи (с учетом сброса возвратных вод и потерь стока) оцениваются: для года 50 % обеспеченности -  $65 \text{ км}^3$  и для года 90 %-ной обеспеченности -  $52 \text{ км}^3$ .

Современный лимит на водозабор из Амударьи и ее притоков определен  $52,5 \text{ км}^3/\text{год}$ , а с учетом подачи воды в Приаралье - в  $57 \text{ км}^3/\text{год}$ . В то же время, из Амударьи по требованию ирригации без проведения мероприятий по регулированию может быть изъят сток в  $35-40 \text{ км}^3$ , то есть около 70 % требуемой величины. Коэффициент использования естественного (не зарегулированного) стока брутто (объем изъятия в долях среднегодового стока) составляет 0,54.

Отличительной особенностью бассейна является то, что орошаемые и пригодные для орошения земли некоторых районов находятся на значительном удалении от источников (головных водозаборов). Это обстоятельство отразилось на специфике формирования водохозяйственных систем в бассейне, и потребовало создания на них систем регулирующих наливных водохранилищ сезонного цикла. Собрана информация по проектным и фактическим режимам работы основных водохранилищ, рекомендуемых для включения в оптимизационную модель, данные о заилении емкостей, ограничениях по наполнению и сработке водохранилищ, пропускной способности сооружений.

Основными действующими наливными водохранилищами, регулирующими сток Амударьи, являются Зеидское, Талимарджанское, Тудакульское и Куюмазарское.

Зеидское водохранилище расположено в головной части Каракумского канала, имеет полезную емкость в  $2 \text{ км}^3$ , площадь зеркала при НПУ  $465 \text{ км}^2$ . Водохранилище построено с целью покрытия дефицита стока по зоне Каракумского канала в основном в период осенне-зимних промывных поливов. Потери на испарение при полном заполнении водохранилища составляют  $800 \text{ млн. м}^3$ .

Талимарджанское водохранилище – наливное водохранилище сезонного регулирования стока полной емкостью  $1,53 \text{ км}^3$ , полезной -  $1,4 \text{ км}^3$ , расположено на стыке головной (машинный канал) и рабочей (самотечный) частей Каршинского магистрального канала (КМК). По проекту водохранилище должно аккумулировать амударьинскую воду, подаваемую по каскаду насосных станций в осенне-зимний период, и подпитывать рабочую часть КМК в период вегетационных поливов. Фактический режим работы Талимарджанского водохранилища несколько отличается от проектного. Минимальный объем воды в нем наблюдается в конце августа. Наполнение начинается с сентября и продолжается до начала или середины марта, когда накапливается максимальный объем воды, срабатывается водохранилище в марте-апреле и июне-августе.

Куюмазарское водохранилище – наливное внутрисистемное водохранилище сезонного ирригационного регулирования стока низовий р.Зерафшан, полная емкость –  $350 \text{ млн. м}^3$ , полезный объем –  $300 \text{ млн. м}^3$ , площадь зеркала при НПУ  $237,5 \text{ км}^2$ , испарение  $1800 \text{ мм}^3/\text{год}$ . Водохранилище наполняется водами р. Зерафшан по подводящему каналу и р. Амударьи - по АБК. После ввода АБК водохранилище стало наполняться с сентября по май месяцы, а срабатываться с декабря по март и с апреля по сентябрь. При этом вода по АБК стала подаваться в сентябре-ноябре, январе и марте-мае.

Опыт эксплуатации гидроузлов показывает, что величины фактических объемов регулирования в водохранилищах не являются постоянными и зависят от водности и

конкретных для каждого года технических ограничений по их наполнению и сработке. Для сезонов повышенной водности характерно опережение по срокам утвержденных режимов наполнения русловых и внутрисистемных водохранилищ. Примером может быть 1998 год. К концу вегетационного периода этого года в русловых и внутрисистемных водохранилищах Амударьи было накоплено около 18,5 млрд.м<sup>3</sup>, что на 3 млрд.м<sup>3</sup> больше, 1997 г.

Реальные технические возможности по ирригационному регулированию стока Амударьи в настоящее время определяются в основном объемами водохранилищ Нурекского и Туямуонского гидроузлов. С учетом заиливания емкостей Нурекского и Руслового водохранилищ и использования водохранилища Капарас в интересах водоснабжения суммарная емкость регулирования водохранилищ Нурекского и Туямуонского гидроузлов оценивается в 7,5 км<sup>3</sup>, что достаточно для зарегулирования стока Амударьи в объеме 52 км<sup>3</sup> в год. При полном сезонном регулировании стока р. Амударьи и выполнении в бассейне жестких условий водопотребления требования на воду (52,5 км<sup>3</sup>) выполняются на 94-105 %. При этом подача воды в Приаралье возможна только для средних и выше по водности лет.

По существующей проектной схеме регулирования стока водохранилищ Вахшско-Амударьинским каскадом, ирригационное регулирование р. Вахш, а также верхнего и среднего течений р. Амударьи должно осуществляться Нурекским водохранилищем в компенсирующем по отношению к р. Пяндж режиме, а также внутрисистемными водохранилищами; Туямуонский гидроузел, являясь замыкающим в каскаде, регулирует "остаточный" сток в интересах нижнего течения.

Современная водохозяйственная обстановка бассейна р. Амударьи характеризуется тем, что в Нурекском водохранилище перераспределение стока осуществляется прежде всего в интересах гидроэнергетики, что требует ниже по течению компенсационного ирригационного регулирования. Хотя противоречие между энергетикой и ирригацией в бассейне р. Амударьи не принимает такого острого характера, как в бассейне р. Сырдарьи (поскольку недостаточность полезного объема Нурекского водохранилища за счет заиливания ограничивает его энергетический режим), тем не менее, значимость Туямуонского гидроузла (ТМГУ) как регулирующего комплекса в последнее время несомненно возросло.

В схеме распределения регулирующих функций между водохранилищами Вахшско-Амударьинского каскада работу Туямуонского гидроузла мы предлагаем рассматривать в виде некоторого рационального режима, который рассчитывается на основании ряда правил (принципов) рационального и эффективного регулирования стока. Характеристики притока воды к гидроузлу рассматриваются в качестве тех переменных, с помощью которых осуществляется взаимосвязь и корректируются режимы работы ТМГУ Нурекского, а в перспективе - и Рогунского водохранилищ. Поиск рационального режима (плана) заключается в поэтапном построении частных решений, соответствующих определенным режимам регулирования.

Основной принцип перераспределения стока между водохранилищами ТМГУ заключается в преимущественной сработке Руслового водохранилища (в сравнении с наливными) и одновременном наполнении всех емкостей (в случае, если такое наполнение возможно). Данный принцип, предложенный группой исследователей САНИИРИ (отдел КРСР) в первой половине 80-х годов, в настоящее время используется при эксплуатации ТМГУ, что позволяет значительно уменьшить потери стока как в Русловом водохранилище, так и в низовьях р. Амударьи.

Построение схем распределения регулирующих функций между водохранилищами Вахшско-Амударьинского каскада рекомендуется начинать, исходя из двух противоположных целей:

- ирригационно-энергетического использования стока с приоритетными ирригационными требованиями;
- ирригационно-энергетического использования стока с приоритетными энергетическими требованиями.

В этом случае для Вахшско-Амударьинском каскада можно построить две противоположные упрощенные схемы, и на их основе проверять промежуточные варианты.

Для каскада из трех водохранилищ (Рогунское, Нурекское, Туямуонское) предлагается смоделировать следующие схемы.

**Схема 1.** Каскад обеспечивает потребности ирригации ниже второго (Нурекское) и третьего (Туямуонское) водохранилищ, а также вырабатывает электроэнергию на ГЭС всех трех гидроузлов. Энергетическое значение ГЭС третьего гидроузла меньше, чем первых двух. Требования ирригации являются приоритетными. При удовлетворении этих требований рассматривается совместное функционирование двух первых водохранилищ (они работают как одна емкость). Регулирование р. Вахш осуществляется двумя первыми водохранилищами при условии удовлетворения требований ирригации в верхнем и среднем течениях (до третьего водохранилища) к компенсирующему по отношению р.Пяндж режиму. Если необходимо, то удовлетворяются требования ирригации и нижнего течения. В этом случае суммарная емкость двух первых водохранилищ является и компенсатором третьего. Функционирование его зависит от характеристик боковой приточности на участке между вторым и третьим водохранилищами (гидрограф Пянджа), компенсирующих попуски из двух первых емкостей, а также объема располагаемых ресурсов и свободной емкости третьего водохранилища. Требования энергетики удовлетворяются в той степени, в какой они не противоречат требованиям ирригации, то есть соблюдается принцип первоочередного удовлетворения требований ирригации. Схема предполагает первоочередную сработку второго (Нурекского) водохранилища. В этом случае создается максимальный запас водных ресурсов на самом верхнем участке реки (в начале каскада).

**Схема 2.** Каскад обеспечивает потребности энергетики в результате выработки электроэнергии на ГЭС всех трех гидроузлов, а также потребности ирригации ниже второго и третьего водохранилищ. Требования энергетики (две первые ГЭС) являются приоритетными, а требования ирригации удовлетворяются в той степени, в какой они не противоречат требованиям энергетики. Последовательность сработки и наполнения первых двух водохранилищ определяется из принципа максимального удовлетворения требований энергетики, при котором потери энергии из-за снижения напора и пропуска непроизводительных расходов являются минимальными. Сработка до расчетного напора начинается с первого (верхнего) водохранилища, затем срабатывается второе, после чего (если необходимо) срабатываются в таком же порядке сначала первое, а потом и второе водохранилища до допустимого по ограничениям минимума. Наполнение этих двух водохранилищ осуществляется в обратном порядке. При такой схеме в случае сработки первого водохранилища до минимума мы получаем компенсацию потерь энергии на втором гидроузле, то есть работа ГЭС второго гидроузла в этом случае не ограничена по напору.

Рациональную современную схему распределения регулирующих функций данного каскада рекомендуется разрабатывать путем поэтапного улучшения и корректировки некоторого базового варианта (например, схемы 2).

Алгоритм распределения регулирующих функций между речными и внутрисистемными водохранилищами в бассейне Амударьи (при практически независимой работе Нурекского гидроузла, как и происходит это в настоящее время) можно представить следующим образом.

1. Определяется требуемая отдача из Нурекского гидроузла (по схеме 2), исходя из следующих условий, выполняемых в порядке важности:

- удовлетворение энергетических и ирригационных требований Таджикистана;
- частичная компенсация стока р.Пяндж по требованиям верхнего (до створа водозабора в Каракумский канал) и среднего (до станции Дарганата – приток к Туямуюнскому гидроузлу).

2. Рассчитывается сток р. Амударья (по притокам рек Вахш, Пяндж, Кундуз, Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад с учетом водозабора и сбросов возвратного стока в верхнем течении Амударьи) в створе, выше водозабора в Каракумский канал.

3. Определяются объемы регулирования стока во внутрисистемных водохранилищах (и соответствующих водозаборах, в каналах, наполняющих водохранилища), исходя из следующих условий, выполняемых в порядке важности:

- компенсация стока р.Пяндж и зарегулированного стока р.Вахш по требованиям среднего течения Амударьи;
- перераспределение остаточного стока (приток к Туямуюнскому гидроузлу) по требованиям нижнего течения Амударьи.

4. Рассчитывается сток р. Амударьи в створе Дарганата (по стоку реки в створе, выше водозабора в Каракумский канал, с учетом водозабора, сбросов возвратного стока и потерь воды в среднем течении Амударьи).

5. Определяются объемы регулирования стока в водохранилищах Туямуюнского гидроузла и русловой баланс реки ниже гидроузла, исходя из следующих условий, выполняемых в порядке важности:

- удовлетворение требований нижнего течения (питьевое водоснабжение, ирригация, санитарные попуски в систему озер Приаралья, сброс воды в Аральское море);
- сведение потерь стока в водохранилищах и реках к минимуму.

6. В случае появления дефицита воды в низовьях происходит урезка лимитов на водозабор из р. Амударья и пункты 3, 4, 5 пересчитываются.

Регулирование стока в водохранилищах будет иметь свою специфику в особо маловодные и в особо многоводные годы (сезоны). В случае наступления маловодных лет работа внутрисистемных водохранилищ должна быть направлена, в первую очередь, на снижение вегетационного дефицита, который покрывается за счет максимально возможного водозабора из р. Амударья в межвегетационный период, и создание запасов воды в водохранилищах к началу вегетации. При этом как ограничения могут выступать:

- урванный режим р. Амударья в межень, который может ограничивать водозабор и каналы;
- величины санитарных попусков в межень.

В особо многоводные годы работа внутрисистемных водохранилищ (и соответствующих каналов) должна быть направлена на максимально возможную срезку пиков паводка, проходящего по р. Амударье.

УДК 502.654

## **ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА Р. СЫРДАРЬИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ РЕЖИМА РАБОТЫ ТОКТОГУЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

О.А. Каюмов, М.Р. Икрамова, А.К. Ходжиев

*НПО САНИИРИ*

*СИРДАРЁ ДАРЁСИ ХАВЗАСИ СУВ ЗАХИРАЛАРИДАН ОКИЛОНА ФОЙДАЛАНИШ ВА УЛАРНИ МУХОФАЗА КИЛИШНИНГ ТУХТАГУЛ СУВ ОМБОРИ ИШ РЕЖАСИ УЗГАРИШИ БИЛАН БОГЛИК МУАММОЛАР*

*Каюмов О.А., Икрамова М.Р., Ходжиев А.К.*

*Хозирги даврда САНИИРИ ИИБнинг сув захираларидан комплекс фойдаланиши булимида куйидаги масалалар устида иш олиб борилмокда:*

*Сирдарё сув захиралари кишики хажмининг Орол денгизи ва Арнасой кули уртасида кайта таксимланишини хисобга олган холда дарё сув-хужалик балансини аниклаш;*

*Коллектор-дренаж сувлари ва Чордара сув омборидан ташланаётган сув микдорини хисобга олган холда Арнасой куллар тизими сув балансини урганиб чиқиш;*

*Ичимлик суви учун мулжалланган Арнасой сув омборини яратилиш шароитларини урганиш;*

*Орол денгизи ва Арнасой куллари табиий-иклим курсаткичлари ва экологик факторлари узро муносабатларини урганиб чиқиш.*

*Илмий текширилиш натижалари Арнасой куллар тизимига ташланаётган сув захираларидан комплекс фойдаланиш лойихаси ва теварак-атроф мавзеларни узлаштирилишнинг техник-иктисодий асосини ишлаб чиқишда кулланилади.*

В последние годы в Среднеазиатском регионе появились многоплановые проблемы, связанные с создавшимся дефицитом водных ресурсов и ухудшением их качества. В условиях роста населения требования к водным ресурсам все более обостряются. Растут потребности в воде для нужд социально-экономического развития, при необеспеченности в объеме и повышении качества воды для экологического оздоровления Приаралья и Арала.

В Средней Азии, охватывающей территории Узбекистана, Туркменистана, Таджикистана и Кыргызстана, имеется 27826 тыс. га пригодных для орошения земель. Из них 12351 тыс. га размещены в современных границах Республики Узбекистан, в том числе в бассейне р. Сырдарья - около 4000 тыс. га в бассейне р. Амударья - 8351 тыс. га.

Исторически орошаемое земледелие в регионе здесь исторически основывалось на использовании главным образом речных поверхностных вод (95% всех орошаемых земель) и в гораздо меньшей степени - на использовании подземных вод (около 5 % всех орошаемых земель).

В настоящее время, орошаемое земледелие является главным потребителем водных ресурсов: от общего объема безвозвратного водопотребления доля орошаемого

земледелия составляет около 90 %, остальные 10 % приходятся на ирригационные отрасли.

Среднемноголетние ресурсы поверхностных вод в Средней Азии, формируемые р. Амударья и Сырдарья, составляют 116,7 км<sup>3</sup> в год, из которых возможный к использованию сток оценивается величиной в 99,1 км<sup>3</sup> в год. В настоящее время в бассейне р. Сырдарья действует 27 водохранилищ с емкостью чаши от 50 до 19500 млн.м<sup>3</sup>. Их полная проектная емкость составляет 39421, полезная - 28806 млн. м<sup>3</sup>.

Главные причины возникновения Арнасайской проблемы - повышения горизонта воды в системе Арнасайских озер - обусловлены недостаточной пропускной способностью русла р. Сырдарья в зимний период ниже Чардаринского водохранилища и повышенными сбросами из Токтогульского водохранилища для выработки электроэнергии. Токтогульское водохранилище, полезная емкость которого составляет 50% от суммарной полезной емкости всех 27 водохранилищ, относится к разряду крупнейших регуляторов и накопителей речного стока в бассейне р. Сырдарья. В водосборной зоне этого водохранилища формируется примерно 75 % всего поверхностного стока бассейна и, естественно, от режима его работы напрямую зависят режим и уровень водообеспечения отраслей экономики.

Проектный ирригационно-гидроэнергетический режим работы Токтогульского водохранилища предусматривал попуски воды из него в объеме 70-85 % от зарегулированного стока в вегетационный период (апрель-сентябрь) и 15-30 % - в не вегетационный (октябрь-март). Такой режим попусков воды полностью удовлетворял ирригационные и другие хозяйственные потребности расположенных ниже территорий Узбекистана и Казахстана и в сочетании с другими водохранилищами и гидроузлами обеспечивал благоприятную согласованную работу всей водохозяйственной системы бассейна р. Сырдарья.

Однако, начиная с 1993 г. режим работы этого водохранилища существенно изменился. В вегетационный период попуски воды из него составляли лишь 25-35 % от зарегулированного стока, в не вегетационный период - 65-75 %. Такой режим работы Токтогульского водохранилища был обусловлен собственными потребностями Киргизии в выработке электроэнергии в осенне-зимне-весенние месяцы. В результате запросы Узбекистана в поливной воде в вегетационный период обеспечивались только на 60-70 % от расчетных потребностей и соответственно на 30-40 % уменьшилась продуктивность орошаемых земель. Кроме того, возникли определенные затруднения с отведением теперь уже почти неиспользуемой для хозяйственных нужд воды в осенне-зимне-весенние месяцы в объеме около 5-8 км<sup>3</sup> ежегодно за пределы обжитых и освоенных территорий Узбекистана и Казахстана. Зимние попуски воды из Токтогульского водохранилища невозможно было вместить в заполненные чаши Кайраккумского и Чардаринского водохранилищ. Пропустить их по р. Сырдарье в полном объеме в Аральское море оказалось невозможным из-за уменьшившейся пропускной способности реки вследствие зарастания её русла и застроенности прибрежных территорий хозяйственными объектами. Поэтому главными водоприемниками этих вод вынужденно стали Арнасайская система озер и озера Айдаркуль и Тузкан на территории Узбекистана. Начиная с 1996 г, и эти водоприемники работают на пределе своих возможностей: уровни воды в них против обычных повысились на 3-5 м, что вызвало сезонное затопление пастбищ, прибрежной акватории этих озер и подтопление пограничных орошаемых земель, резко ухудшились условия отведения коллекторно-дренажного стока с орошаемых земель Джизакского вилоята, все это приносит заметный ущерб сельскому и охотничьему хозяйству. Весной из-за чрезмерно высоких попусков воды из Токтогульского водохранилища, в заполненных до предела Кайраккумском и Чардаринском водохранилищах сложилась катастрофическая ситуация, едва не приведшая к авариям.

Ситуация была устранена согласованными и своевременными действиями правительственных комиссий Узбекистана, Кыргызстана и Казахстана. Эта угроза водной стихии явилась серьезной побудительной причиной для достижения соглашения между Узбекистаном и Кыргызстаном в части благоприятного для обоих государств режима работы Токтогульского водохранилища. В соответствии с соглашением Киргизия гарантирует прежний ирригационный режим попусков воды из Токтогульского водохранилища с учетом интересов Узбекистана, но при условии гарантированной поставки Узбекистаном газа, нефти и угля в количестве, эквивалентном для компенсации недовырабатываемой Токтогульской электроэнергии.

Однако, цена этого соглашения в ресурсном отношении весьма дорога для Узбекистана, из-за того, что по условиям соглашения республика вынуждена расходовать не возобновляемый энергоресурс - газ, дефицитный и крайне необходимый для нынешних и будущих поколений, на ежегодно возобновляемый ресурс - воду. Поэтому у Узбекистана объективно существует необходимость поиска других альтернативных вариантов решения этой водной проблемы.

Учитывая нарастание дефицита водных ресурсов и сложности организационно-экономического характера, было бы целесообразно

- пересмотреть сложившийся традиционный подход, ориентирующий на обязательный сброс стока р. Сырдарьи в Аральское море, поскольку сбрасываемый объем воды уже не в состоянии восстановить Арал, а в чаше Арала Казахстан создал Малое море;

- провести комплекс гидротехнических работ по использованию части Арнасайских озер в качестве контррегулирующего водохранилища для нужд развития Узбекистана;

- определить статус Арнасайской системы озер как новой межгосударственной экосистемы и крупной рекреационной зоны республики для восстановления здоровья и отдыха населения.

Такое решение, на наш взгляд, может позволить

- использовать часть зимнего стока р. Сырдарьи в интересах развития Узбекистана;

- улучшить взаимоотношения республик в части использования стока р. Сырдарья;

- сохранить стратегические ресурсы Узбекистана;

- расширить площадь орошаемых земель в Навоийского вилоята под производство кормовых культур;

- развить зону рыбоводства и охоты;

- ликвидировать угрозу затопления пастбищ и подтопления орошаемых земель;

- расширить природные заповедные зоны республики для сохранения биологического разнообразия;

- включить в маршрут «Великого шелкового пути» новую зону туризма и др.

Не менее важно при этом, что у Казахстана появится возможность сократить крупные расходы финансовых средств на мероприятия по увеличению пропускной способности русла р. Сырдарьи ниже Чардаринского водохранилища. Кыргызская Республика сможет в зимний период вырабатывать электроэнергию в объемах, ограниченных суммарным расходом воды для сброса в Арал и наполнением фиксированной емкости создаваемого Арнасайского водохранилища.

При изменении режима работы Токтогульского водохранилища с ирригационно-гидроэнергетического на гидроэнергетический проблему водообеспечения расположенных ниже территорий Узбекистана можно решить полностью или частично следующими альтернативными путями:



- создать дополнительные водохранилища сезонного или многолетнего регулирования на базе использования Арнасайской системы озер, озер Айдаркуль и Тузкан и дополнительной сети распределительных каналов. Эти водохранилища должны быть рассчитаны, исходя из объемов годового регулирования полезного стока в размере 5-8 км<sup>3</sup> и полного – 9-14 км<sup>3</sup>. Восточно-Арнасайские озера относятся к разряду проточных, имеют глубину 6 м, длину – 62 км и ширину – 7 км. Минерализация воды изменяется в пределах 2-5 г/л. Озеро Тузкан также относится к проточным со средней глубиной 2,7м, длиной 31 км и шириной 17 км. Минерализация воды составляет 3-7 г/л. К бессточным относится озеро Айдаркуль, вместимостью 60 км<sup>3</sup>. Таким образом, суммарные объемы этих озер позволяют осуществить накопление стока в объеме 5-8 км<sup>3</sup>. При этом в акватории Айдаркуль можно разместить водохранилище многолетнего регулирования, из которого каналом можно будет подать воду в г. Бекабад и использовать ее для нужд Сырдарьинского и Джизакского вилоятов;

- аккумулировать на орошаемых землях гидроэнергетические попуски воды из Токтогульского водохранилища в невегетационный период для промывки и увеличения продуктивности земель. Этот прием приведет к повышению резерва влагообеспеченности земель в отличие неблагоприятных для ирригации режимов попусков из водохранилища.

- пополнить подземные воды в зонах действия подземных водозаборов. По предварительным оценкам более 500 млн м<sup>3</sup> в год забираемой из подземных источников воды могут быть пополнены за счет зимних попусков воды из Токтогульского водохранилища.

- перевести часть хлопководческих хозяйств на зерноводческие, так как возделывание зерновых не менее рентабельно, чем хлопчатника. При этом оросительные нормы могут быть снижены в 1,5 раза.

- переориентировать хозяйственное использование засоленных земель. Около 450 тыс. га подкомандных Токтогульскому водохранилищу земель относятся к низкопродуктивным.

- создать дополнительные источники подземных вод путем откачки минерализованных грунтовых вод и замещения их пресными речными водами в невегетационный период.

Необходимо провести оценку вышеприведенных мероприятий по экономическим, социальным и экологическим критериям, с учетом соглашения между Узбекистаном и Кыргызстаном.

В настоящее время отдел КРСР НПО САНИИРИ работает над проблемами:

- уточнения водохозяйственного баланса р. Сырдарьи с учетом перераспределения зимнего стока между Аралом и Арнасаем;

- изучения водного баланса Арнасайской системы озер с учетом сбросов коллекторно-дренажных вод и сбросов из Чардаринского водохранилища;

- поиска условий для создания контррегулирующего Арнасайского водохранилища с целью для аккумуляции пресной воды;

- выявление взаимосвязей между природно-климатическими показателями и экологическими факторами Аральского моря и Арнасайских озер.

Конечной целью работ является разработка рекомендаций по повышению точности учета располагаемых водных ресурсов и их продуктивного использования в бассейне р. Сырдарьи в годы различной водности. Результаты проведенных исследований могут быть учтены при разработке проекта комплексного использования водных ресурсов, сбрасываемых в Арнасайскую систему озер, и технико-экономического обоснования обустройства прилегающих к ним территорий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов в СССР. Под ред. Непорожного. М., «Энергоиздат», 1985, 560с.
2. Генеральная схема использования орошаемых земель, водных ресурсов и их охрана в Республике Узбекистан на период до 2005 года. ГИП Дерлятка Т.И. Ташкент, МмиВХ РУ, объединение «Водпроект», 1999, 301 с.
3. Воропаев Г.В. Некоторые вопросы управления использованием водных ресурсов. «Водные ресурсы», 1992, № 5, 5-11с.

УДК 626.81

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕСПУБЛИКИ

А.В. Бочарин

*САНИИРИ*

*РЕСПУБЛИКАДА СУВ РЕСУРСЛАРИ БОШКАРУВИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ*

*Бочарин А.В.*

*Маколада уз унумдорлигини бошка давлатларда исботланган сув ресурсларини бошқариш концепцияси тавсия этилади. Мазкур концепция маъмурий-худудий негизлар урнига хавза-сугориш негизларини таклиф этади.*

*Сув-хужалик кенгаш коллегиал хавза бошқармаси, хавза кумиталарини ташкил қилиш лойиҳаси тавсия этилади.*

*Хавза бошқарув коллегиаси хавза кумитасининг ижро органи булиб, Марказ идоралари, худудий маъмурият вакиллари, сувдан фойдаланувчилар ҳамда хавза бошқармаси мутахассислардан ташкил топади. хужалик тизимлари қиради.*

*Мазкур концепция хали муфассал ишлаб чиқилиши керак.*

Возрастающий дефицит водных ресурсов, ухудшение качества, а также рост затрат на привлечение дополнительных водных ресурсов заставляют многие страны пересмотреть прежние подходы к проблеме воды, использование для этих целей значительные кредитные инвестиции. В настоящее время приоритетной признается водная политика, предусматривающая управление водными ресурсами, с помощью требований на воду, ценового механизма и регулирующих мероприятий. В этих условиях стратегия развития воднохозяйственного комплекса республики должна включать как необходимый элемент решение задач по совершенствованию управления водными ресурсами.

Существующая система управления водными ресурсами сложилась в постсоветский период и до настоящего времени не претерпела существенных изменений. Её основной принцип - управление водными ресурсами через административно-территориальные образования (вилояты, туманы) и ряд промежуточных водохозяйственных организаций.

Так, подавляющая часть водных ресурсов формируются на объектах республиканской организации "Узводремэксплуатация" (водохранилища, водозаборные сооружения), затем транспортируется по магистральным каналам, находящимся под управлением той же организации и передается под управление облсельводхозов, последние, в свою очередь, передают водные ресурсы под управление межрайонных структур, далее под управление райсельводхозов и лишь затем они поступают к водопользователям. Эти многочисленные передаточные структуры имеют собственные критерии эффективности своей работы по управлению водными ресурсами, зачастую не совпадающие с интересами водопотребителей. Единые водные артерии оказываются разделенными между отдельными организационными структурами, координация которых затруднена, неоперативна и не позволяет осуществлять комплексное рациональное распределение и использование ограниченных водных ресурсов, управление их качеством, защиту от загрязнения и истощения.

В большинстве стран мира до недавнего времени также преобладал административно-территориальный принцип управления водными ресурсами через государственные водохозяйственные структуры. Однако, начиная с 60-х годов, все большее признание получает ирригационно-бассейновый принцип управления, основные положения которого можно сформулировать следующим образом:

- централизация управления всеми водными ресурсами в границах гидрографических бассейнов рек или их крупных притоков;
- построение иерархии управления водными ресурсами на нижних уровнях строится по ирригационным системам вне зависимости от административно-территориальных границ;
- привлечение представителей территориальных образований на всех уровнях управления к непосредственному управлению водными ресурсами;
- передача бассейновым структурам не только функции управлением водораспределением, но и функции рационального использования водных ресурсов, мелиорации орошаемых земель, охраны окружающей среды, управления качеством воды.

На этом принципе построены системы управления водными ресурсами во Франции, Испании, Италии, Австралии и ряда других стран. Анализ и обобщение их опыта позволили разработать основные положения по совершенствованию организации управления водными ресурсами республики.

Основной эффект управления водными ресурсами по ирригационно-бассейновому принципу проявляется тогда, когда бассейновая структура охватывает большие территории с зоной формирования стока водного источника и ирригационными системами зоны орошения. Это позволяет осуществлять комплексное управление не только поверхностными, но и подземными и возвратными водами.

Кроме того, в этом случае имеется возможность управления качеством водных ресурсов, охраны их от загрязнения и истощения, а также возможность решать вопросы охраны окружающей среды (мероприятия по селям, эрозии почв и др.). Бассейновая структура приемлема как в условиях бесплатного, так и платного водопользования. Однако в последнем случае ее эффективность гораздо выше, т. к. плата за использование воды и их загрязнение является одним из важных рычагов, обеспечивающих рациональное и экономическое использование ограниченных водных ресурсов. Важным фактором устойчивой работы бассейновой структуры является её финансовая самостоятельность, возможность концентрации финансовых средств и распределение их по приоритетным направлениям. При этом источниками финансовых ресурсов являются как государственные субсидии, выделенные на содержание и развитие водохозяйственного комплекса, так и плата за оказание водохозяйственных услуг и загрязнение воды.

Учитывая то, что водные ресурсы используются, прежде всего, в интересах регионов, определяющую роль в управлении ими должны играть региональные представители. Кроме того, с целью исключения для предотвращения местнических интересов и проведения единой водохозяйственной политики в управлении бассейном на паритетных началах должны участвовать представители центральных ведомств, водопользователей и общественных организаций.

Исходя из изложенных основных принципов, разработана концепция управления водными ресурсами республики.

Поскольку основные водные источники республики р.р. Амударья и Сырдарья являются трансграничными реками, управление их ресурсами осуществляется межгосударственными бассейновыми водохозяйственными объединениями (БВО). В связи с этим, республиканские бассейновые организации целесообразно формировать в зоне этих источников. Их территориальные границы определяются современным водохозяйственным районированием с учетом административных границ и мест использования водными ресурсами. Можно ориентировочно наметить границы бассейновых организаций.

В бассейне р. Амударья и ее притоков:

- Верхнеамударьинское бассейновое управление в границах Сурхандарьинской и Кашкадарьинской областей;

- Среднеамударьинское бассейновое управление в границах Хорезмской области и республики Каракалпакстан.

В бассейне р. Сырдарья и ее притоков:

- Верхнесырдарьинское бассейновое управление в границах Ферганской, Андижанской и Наманганской областей;

- Среднесырдарьинское бассейновое управление в границах Джизакской, Сырдарьинской и Ташкентской областей.

Под непосредственное управление бассейновых организаций передаются водозаборные сооружения на водных источниках, оросительные каналы, коллектора, насосные станции, водохранилища межхозяйственного назначения и вся водохозяйственная инфраструктура, обслуживающая данную территорию.

Высшим органом управления бассейновой организации является Бассейновый комитет, который формируется из руководителей областных и представителей центральных ведомств, занимающихся вопросами земельных, водных ресурсов и охраны окружающей среды. В состав Бассейнового комитета с правом совещательного голоса входит представитель соответствующего БВО.

Бассейновый комитет возглавляет председатель назначаемый Кабинетом Министров республики по представлению Минсельводхоза. Комитет является своеобразным "парламентом", основное направление деятельности которого - определение стратегии управления природными ресурсами бассейна и путей ее реализации. Главная задача комитета координация планирования и осуществление мероприятий по эффективному использованию воды, земли и других ресурсов, по охране окружающей среды непосредственно через бассейновую организацию и подведомственные структуры.

При Бассейновом комитете организовывается неправительственный совещательный орган - Водохозяйственный совет, в состав которого входят представители министерств, ведомств, объединений, предприятий, организаций, в том числе общественных, высших ученых заведений, научно-исследовательских организаций, деятельность которых связана с использованием и охраной водных ресурсов, водохозяйственным строительством и другими аспектами функционирования и развития водохозяйственного комплекса. Водохозяйственный совет возглавляет Председатель Бассейнового комитета и его основной задачей является выдача рекомендаций Бассейновому комите-

ту по ключевым вопросам использования и охраны водных ресурсов, повышения продуктивности орошаемых земель, эксплуатации водохозяйственных земель, развития способов орошения, внедрения передовых научно-технических достижений в водохозяйственный комплекс. Исполнительными органами, непосредственно реализующими политику Бассейнового комитета, являются Бассейновое управление, возглавляемое Председателем Бассейнового комитета, и коллегия Бассейнового управления. В состав коллегии входят:

- представители центральных министерств и ведомств отраслей, использующих водные ресурсы (сельское и водное хозяйство, промышленность, энергетика, коммунальное хозяйство, охрана водных ресурсов);
- представители областных администраций, обслуживаемых данным Бассейновым управлением;
- представители каждой категории непосредственных водопользователей; (орошение, водоснабжение, энергетика и т.д.);
- Председатель Бассейнового комитета, его заместители и главные специалисты Бассейнового управления.

Основными задачами Бассейнового управления являются:

- распределение и регулирование использования водных ресурсов бассейна;
- техническая эксплуатация водохозяйственных объектов;
- разработка и реализация программ по развитию ирригации и мелиорации орошаемых земель, защита окружающей среды;
- внедрение новой техники и технологий в водохозяйственном комплексе.

Территориальными структурами Бассейновых управлений по иерархии являются водные округа и водохозяйственные системы, образуемые по принципу ирригационных систем. Водные округа формируются на базе крупных водных источников, магистральных каналов и водохранилищ водохозяйственные системы - на базе малых рек, межрайонных каналов или группы межхозяйственных каналов.

Принципы формирования территориальных структур бассейновых управлений можно показать на примере Верхнеамударьинского бассейнового управления. В этом бассейне можно выделить четыре водных округа:

- Сурхандарьинский - в пределах ирригационных систем Сурхандарьи и ее доплотины Южносурханского водохранилища;
- Шерабадский - в пределах ирригационных систем р. Шерабад и Сурхандарья ниже Южносурханского водохранилища, включая ирригационные системы, питающиеся из р. Амударья;
- Кашкадарьинский - в пределах ирригационных систем р. Кашкадарья и ее притоков;
- Водный округ Каршинского магистрального канала в пределах соответствующих ирригационных систем.

В свою очередь, в границах Сурхандарьинского водного округа можно наметить следующие водохозяйственные системы:

- Туполангская водохозяйственная система в границах ирригационных систем бассейнов р.р. Туполанг, Облазаранг и правобережье р.Каратаг;
- правобережная Сурхандарьинская водохозяйственная система в границах ирригационных систем бассейнов р.р. Сангордак, Ходжиапак и правого берега р.Сурхандарьи;
- левобережная Сурхандаринская водохозяйственная система в границах ирригационных систем левого берега р. Сурхандарьи и Каратаг.

Следует отметить, что предлагаемая концепция совершенствования управления водными ресурсами требует более детальной проработки и создания "Схемы управле-

ния водными ресурсами республики на основе ирригационно-бассейнового принципа”, где должны найти отражение следующие позиции:

- Положение о Бассейновом управлении, водном округе и водохозяйственной системе;
- определение территориальных границ всех Бассейновых управлений водных округов и водохозяйственных систем;
- организация типовых структур Бассейновых управлений водных округов и водохозяйственных систем с использованием существующих структур;
- порядок инвентаризации, переоценки и передачи основных фондов и имущества от существующих к вновь образуемым организационным структурам;
- первоочередные мероприятия по повышению качества управления водными ресурсами, эксплуатации водохозяйственных объектов каждым Бассейновым управлением.

В заключение можно отметить, что ирригационно-бассейновый принцип управления водными ресурсами наряду с технико-экономическим эффектом может принести и социальный эффект.

Участие регионов, водопользователей и общественности в управлении социально-значимыми водными ресурсами ограничит до минимума волевые и конъюнктурные решения по использованию водных ресурсов и развитию водохозяйственного комплекса, которые имели место в недавнем прошлом и от катастрофических последствий, которых республика не оправилась до сих пор.

*УДК 556.18*

## **СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИРРИГАЦИОННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

А.В. Бочарин

*САНИИРИ*

*ИЧКИ ХУЖАЛИКЛАР ИРРИГАЦИЯ МЕЛИОРАТИВ ТИЗИМЛАРДА СУВДАН  
Фойдаланишни ташиқил қилишни тарқибий жихатдан қайтадан қуриш  
Бочарин А.В.*

*Мақола кишлоқ хужалигида ананавий йирик хужалиқлар билан бир қаторда қўғина фермер ва дехқон хужалиқларининг вужудга келиши, хужалиқ ичида сувтақсимлашни тарқибий жихатдан қайтадан ташиқил қилиш зарурияти тўғилганлиги ёритилади.*

*Қўғина давлатларда сув хужалиқ тизимининг иш фаолиятида Сувдан Фойдаланувчилар Уюшмасининг (СФУ) амалий фаолияти, бошқа турдаги тарқок ёки тарқок бўлмаган сувдан фойдаланувчилар ташиқилотларига нисбатан афзаллигини курсатди.*

*Хусусан сув тақсимотида СФУ олинган маълумотлар тулиқлиги, тезқорлиги ва ишончлилиги ошириб, эксплуатация ва капитал сарф харажатларни камайитириб, сугориш сувларири ва сугориладиган ерларнинг махсуддорлигини оширади. Бу эса сувдан фойдаланувчилар, сув хужалиқ тизимларини бошқаришга ҳақиқий таъсир этиши имконияти ва сугориш сувларига бўлган ҳақиқий талабнинг сифатли ахборотларга эга бўлгандагина эришилади.*

Необходимость в структурной перестройке организации внутриводопользования вызвана тем, что в сельском хозяйстве наряду с традиционно крупными хозяйствами появилась масса мелких фермерских и дехканских хозяйств. Если крупные коллективные хозяйства имеют свои сложившиеся структуры по эксплуатации внутриводопользовательской сети, то фермерские и дехканские хозяйства сталкиваются с проблемами водораспределения, ремонта и поддержания своих ирригационно-мелиоративных систем. С подобной же проблемой столкнулись многие страны ближнего и дальнего зарубежья. Были испробованы различные формы организации внутриводопользования в этих условиях: через государственные структуры, местную администрацию, акционерные и кооперативные общества и т.д. Наиболее жизнеспособной из перечисленных форм оказалась организация внутриводопользования через Ассоциации водопользователей (АВП).

В широком понимании АВП является группой водопользователей, которая, объединяя свои финансовые и материально-технические ресурсы, организует эксплуатацию своей ирригационно-мелиоративной системы. Территориальные размеры АВП устанавливаются на основе определенного компромисса между снижением удельных затрат на эксплуатацию внутриводопользовательских систем и увеличением издержек на координацию требований к воде водопользователей в случае увеличения территории АВП и числа ее членов. Кроме того, с увеличением членов АВП осложняется работа по выявлению нарушителей водной дисциплины, взысканию взносов и штрафов, вероятность которых и затраты на их отслеживание возрастают. Выявление нарушений и неотвратимость наказаний за них является важным фактором устойчивой работы АВП. В противном случае подрывается её репутация, возникают недоверие к ее работоспособности и конфликты между членами АВП.

Не существует единого мнения относительно оптимального размера АВП. Одни считают, что более эффективны мелкие АВП (в пределах 40-50 га), т.к. в этих условиях обеспечивается лучшая координация требований водопользователей. Это так называемая “азиатская модель” АВП, где земельные наделы фермеров, как правило, меньше одного гектара. Другие предпочитают крупные АВП (от 5 до 10 тыс. га), требующие меньших удельных затрат на содержание ирригационно-мелиоративной сети, при сравнительно небольшом количестве членов. Это - “американская модель” АВП, по которой земельные наделы фермеров долины достигают несколько сот гектаров. Значительное влияние на размеры АВП оказывают состав и объемы работ по организации водопользования, налоговая, кредитная политика.

Разнообразие форм землепользования и условий их работы в нашей республике не позволяет остановиться на какой-то единой модели АВП. В Узбекистане могут существовать следующие варианты организации АВП:

- на базе ликвидируемых убыточных коллективных хозяйств и раздачи земель фермерам;
- на основе существующих фермерских хозяйств;
- образование федераций АВП.

Организация АВП на основе ликвидируемых крупных хозяйств является наиболее оптимальным вариантом в силу следующих благоприятных условий:

- сохраняется инфраструктура для технического обслуживания внутриводопользовательских систем (здания, техника, оборудование, транспорт, средства связи и др.), что сокращает затраты на эксплуатацию водохозяйственных объектов;
- сохраняется кадровый потенциал для обслуживания водохозяйственных объектов, имеющий опыт работы и налаженные связи с государственными водохозяйственными организациями;

- большинство членов АВП имеет давние дружественные и родственные отношения, совместный опыт участия в общественном самоуправлении, что будет способствовать поддержанию нормального психологического климата в АВП.

Второй вариант организации АВП возможен по двум схемам:

- образование АВП исключительно из фермерских и дехканских хозяйств;
- образование АВП с участием кооперативных, фермерских и дехканских хозяйств.

По первой схеме АВП целесообразно создавать из хозяйств, обслуживаемых единой водной артерией (межхозяйственный канал, хозяйственный отвод). Поскольку в практике водная артерия может обслуживать другие категории водопользователей (промышленные и коммунальные нужды, подсобные хозяйства и др.), то необходимо их так же привлечь к участию в АВП.

По второй схеме к участию в АВП привлекается и кооперативное хозяйство. В этом случае экономические вклады в АВП кооперативного хозяйства и отдельного фермера существенно различаются, поэтому необходимо разработать процедуру принятия управленческих решений, которая бы не ущемляла интересы, как тех, так и других. Следует, как можно шире охватывать круг водопользователей в пределах единой водохозяйственной системы. Неучастие отдельных групп водопользователей в АВП создает их неравенство в правах, обязанностях, вызывает излишнюю напряженность во взаимоотношениях между членами АВП и другими водопользователями.

Территориальные размеры АВП должны определяться, исходя из размеров отдельных фермерских хозяйств, с учетом их специализации, технического уровня и состояния водохозяйственных систем.

Постановлением Кабинета Министров РУз минимальный размер надела для фермерских хозяйств, специализирующихся на производстве продукции виноградарства, садоводства, овощеводства и других подобных культур, определен в 0,45 га. В этих условиях приемлема “азиатская модель” АВП с оптимальной площадью 50-70 га и вероятным числом членов АВП 10-15 лиц. Для фермерских хозяйств зерноводческого и хлопководческого направления минимальный надел определенный тем же постановлением, составляет 10 га, поэтому для них оптимальной площадью АВП является 1000-1500 га при численности членов 100-150 лиц.

Федерации АВП рассматривается как объединение нескольких АВП с сохранением их юридического и хозяйственного статуса. Основное преимущество федерации состоит в том, что она может осуществлять больший спектр водохозяйственных работ с меньшими затратами, нежели отдельные АВП. Федерация АВП позволяет более эффективно осуществлять координацию требований отдельных АВП к государственным водохозяйственным организациям, местной администрации, другим ведомствам и предприятиям. В то же время с организацией федерации АВП не следует проявлять поспешность. Нужно дать время для того, чтобы водопользователи оценили практическую эффективность АВП, определили задачи и функции их федераций.

В условиях Узбекистана инициатором создания АВП должно выступать государство, которое устанавливает правовую и нормативную базу, обеспечивающую нормальное функционирование АВП. Непосредственными организаторами АВП должны быть местная администрация, местные структуры Минсельводхоза, граждане и другие юридические лица. АВП создается как некоммерческая структура, прибыль которой используется не ее участникам, а направляется на развитие собственной производственной деятельности. Лица, выступающие инициаторами организаций АВП, могут образовывать инициативную группу по подготовке учредительного собрания участников АВП и необходимых учредительных документов.

На учредительном собрании решаются следующие вопросы:



- решение о создании АВП;
- утверждение списка участников;
- утверждение учредительных документов;
- определение состава, размера и сроков внесения имущественных и денежных взносов;
- избрание органов управления АВП.

К основным правам участника АВП, кроме прав водопользователей, предусмотренных законом “О воде и водопользовании”, относятся

- право вступать в АВП и выходить из него на добровольной основе;
- право участвовать в работе АВП, избирать и быть избранным в его органы управления, давать предложения по улучшению деятельности АВП и устранению недостатков;
- право обжаловать на общем собрании и в судебном порядке неправомерные решения органов управления АВП.

Основные обязанности участника АВП, заключаются в соблюдении установленных правил водопользования и своевременной оплате водохозяйственных услуг АВП.

Основными нормативными документами, регламентирующими деятельность АВП, являются:

- Устав АВП;
- Договор между АВП и государственной водохозяйственной организацией;
- Договор между водопользователем и АВП по оказанию водохозяйственных услуг.

Устав АВП должен содержать:

- предмет и цели АВП;
- порядок вступления в члены АВП и порядок выхода из нее;
- перечень органов управления АВП, порядок их формирования и их функции;
- состав, размер и порядок внесения и имущественных взносов в АВП;
- права и обязанности участников АВП;
- санкции и штрафы за нарушения уставных требований и договорных обязательств участников АВП;
- имущественные взаимоотношения участников АВП.

Договор на оказание водохозяйственных услуг должен содержать основные положения Устава АВП в части регламентации системы взаимоотношений, права и обязанности обеих договаривающихся сторон.

Устойчивая работа АВП зависит не только от совершенства организации ее внутренней структуры, но так же от воздействия внешних обстоятельств, внешней помощи и привлечения внешних ресурсов.

Слишком часто от АВП ожидают быстрого эффекта, оказывая краткосрочную помощь в их организации и управлении. Если на первых порах АВП не добивается успеха, то ее на этом основании относят к разряду неперспективных форм организации внутрихозяйственного водопользования. Поэтому более существенным является решение вопросов форм взаимодействия и помощи, необходимых для устойчивой и эффективной работы АВП.

Основные внешние факторы, влияющие на работу АВП, это:

- рынок;
- наличие стимулов для водопользователей;
- финансовая самостоятельность;
- наличие правовой базы.

Общая коммерциализация аграрного сектора экономики противоречиво влияет на развитие деятельности АВП. Влияние рынка связываются с ослаблением традици-

онных социальных связей, поскольку отдельные члены АВП все больше зависят от обезличенного рынка, а не от межличностного сотрудничества. С развитием рынка водопользователи становятся более анонимными, что уменьшает взаимную зависимость и сокращает перспективы сотрудничества.

С другой стороны, влияние рынка может увеличить экономическую отдачу орошаемого земледелия и тем самым повысить заинтересованность водопользователей в участии в АВП.

Начальный успех и устойчивая работа АВП зависят от наличия реальных стимулов для водопользователей, которые являются важнейшим фактором их активного участия в АВП. Поскольку водопользователи несут существенные издержки на связанные с содержанием и развитием водохозяйственной системы, то они прямо заинтересованы в окупаемости этих затрат на начальном или последующих этапах. Основные мероприятия, которые стимулировали бы участие водопользователей в создании и развитии АВП, следующие.

Более эффективная и надежная доставка воды. Водопользователи не всегда предпочитают самую дешевую воду, а готовы оплачивать более высокие затраты за надежность и удобства обслуживания.

Наиболее важным стимулом для водопользователей является потенциальный рост производства за счет улучшения водохозяйственных услуг. Расширение прав водопользователей дает им возможность решать свои внутренние и внешние задачи, оказывать большее влияние на формирования платы за услуги АВП, распределение лимитов воды, размеры и виды санкций за нарушения водной дисциплины и т. п. Когда водопользователи участвуют в принятии основных, касающихся их решений, многие споры и конфликты решаются оперативно, по взаимному согласию сторон.

Водохозяйственные системы, которые требуют больших затрат на свое содержание, не могут рассчитывать на успешную работу в рамках АВП. В этом случае будет вынуждена сократить затраты на эксплуатацию водохозяйственных систем, что в конечном итоге приведет к резкому снижению качества управления водой. Если издержки водопользователей на содержание водохозяйственной системы составляют слишком большую часть их валового или чистого дохода, то устойчивая и успешная работа АВП маловероятно. Особенно это относится к системам машинного орошения, которые имеют большие затраты на эксплуатацию. Устойчивая работа АВП зависит так же от их формального юридического статуса, прав и обязанностей АВП, сотрудничества с государственными организациями на основе рыночных взаимоотношений. Законодательно должны быть закреплены следующие основные условия:

- право АВП принимать участие в распределении воды и решении конфликтов в государственной водохозяйственной системе;
- право мобилизации финансовых и материальных технических ресурсов своих членов;
- право собственности на ирригационно-мелиоративные сооружения;
- право (создание условий для законодательного закрепления права) контроля финансовой и производственной деятельности руководства АВП;
- право свободного выбора подрядчиков для выполнения ремонтно-эксплуатационных работ.

В заключение следует отметить, что практика функционирования АВП во многих странах показала, что они способствует улучшению работы водохозяйственных систем по сравнению с иными формами организации водопользования и неорганизованными водопользователями.

В частности, повышают надежность, оперативность и объективность водораспределения, снижают эксплуатационные и капитальные затраты, повышают произво-

дительность (продуктивность) орошаемых земель и оросительной воды. Это объясняется тем, что водопользователи имеют реальную возможность влиять на управление водохозяйственными системами, обладают более качественной информацией о действительных потребностях в оросительной воде. Неся определенные издержки на содержание и развитие водохозяйственных систем, водопользователи заинтересованы в снижении этих затрат за счет разумного снижения накладных расходов, фонда заработной платы, материально-технических и энергетических ресурсов. В то же время водопользователи не менее заинтересованы в финансовой самостоятельности АВП, ибо от этого зависит и их финансовое благополучие. Не случайно ряд стран на пост советском пространстве (Армения, Казахстан, Кыргызстан), испробовав различные формы организации внутрихозяйственного водопользования остановили свой выбор на АВП. В этих странах в настоящее время разработана соответствующая законодательная и нормативная база и идет этап организации АВП.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Устойчивые ассоциации водопользователей. Выводы из обзора литературы. Информация Всемирного банка.
2. Современное состояние и перспективы развития водных ресурсов Испании. НИЦ МКВК, Информационный сборник, № 10, Ташкент, 1999 г.
3. Закон республики Казахстан "Об объединении сельскохозяйственных водопользователей". Проект, Алматы, 1999 г.
4. Положение об ассоциациях водопользователей в сельских местностях. Проект. Бишкек 1997 г.

*УДК 681.5:626.81*

## **МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ, БАЗА ДАННЫХ И ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАССЕЙНАХ РЕК**

И. Бегимов

*САНИИРИ*

*ДАРЁ ХАВЗАЛАРИДА СУВ РЕСУРСЛАРИНИ МУНТАЗАМ БОШКАРИШ МОДЕЛЛАРИ, АЛГОРИТМЛАРИ, АХБОРОТЛАР БАЗАСИ ВА ДАСТУРЛАРИ*  
Бегимов И.

*Маколада дарё хавзаларида сув ресурсларини мунтазам бошқаришнинг моделлари, алгоритмлари, ахборотлар базаси ва дастурлари келтирилган.*  
*Сув ресурсларини мунтазам бошқаришнинг асосий мақсади сув тақсимлашда ҳамма истеъмолчилар учун режада (лимитда) мулжалланган сувни етказиб беришдир*  
*Сув хужалиги объектларида режавий режимнинг бажарилиши шартли ва мураккаб динамик системаларни оптимал бошқаришнинг сонли усулларига асосланган сув ресурсларини мунтазам бошқариш масалаларини ечиши учун алгоритм ва дастурлар яратилди*

В связи с образованием в бассейне Аральского моря независимых государств, ухудшением мелиоративного состояния земель и экологической ситуации Приаралья и Аральского моря, проблема управления ограниченными водными ресурсами бассейнов рек Аральского моря Амударья и Сырдарья в настоящее время выходит за рамки проблемы управления чисто техническими и экономическими системами и приобретает значение как проблемы управления такими системами, где взаимосвязаны политические, организационные, экономические, экологические и технические вопросы между заинтересованными государствами бассейна.

В настоящее время проектными, научно-исследовательскими институтами и эксплуатационными организациями независимых государств при участии специалистов Всемирного банка развития разрабатываются основные положения «Региональной и национальных водных стратегий», считающие политические, организационные, экономические, экологические и технические аспекты совершенствования системы управления водными ресурсами бассейна Аральского моря в перспективе. Одним из основных положений региональной водной стратегии является совершенствование принципов и модернизация технических и программных средств управления водными ресурсами бассейна Аральского моря.

Основной задачей управления водными ресурсами является управление перспективными, долгосрочными и краткосрочными (оперативными) режимами распределения водных ресурсов между независимыми государствами и различными отраслями народного хозяйства.

Основная цель — это управление перспективными режимами распределения водных ресурсов для устойчивого социально-экономического развития отдельных государств без ущерба для других и улучшение экологических условий региона. В этом направлении соответствующими организациями независимых государств ведутся разработки схем «Развития водного хозяйства...», однако они учитывают интересы только отдельных государств, в некоторых случаях — в ущерб интересам других государств и экологическим условиям региона. В настоящее время ведутся работы по согласованию интересов отдельных независимых государств в области управления водными ресурсами, подготавливаются различные межгосударственные соглашения, но предстоит еще большая работа по разработке и реализации отдельных пунктов этих соглашений, их научному обоснованию и утверждению Межгосударственным советом по проблемам управления водными ресурсами бассейна Аральского моря. Таким образом, задачи этого уровня в настоящее время находятся в стадии обсуждения и включены в программу работ Всемирного банка развития по проблемам управления водными ресурсами бассейна Аральского моря. Ожидаемым результатом, по нашему мнению, должно явиться формулирование и постановка задач этого уровня.

Задачи управления долгосрочными режимами распределения водных ресурсов необходимо решать на уровне бассейнов рек, чтобы обеспечить потребность водных ресурсах всех водопотребителей (ирригация, энергетика, коммунальное хозяйство и др.) для эффективного их развития в рассматриваемый период с учетом прогнозов водных ресурсов.

Основной целью управления краткосрочными режимами распределения водных ресурсов является реализация долгосрочных режимов водораспределения с учетом динамических свойств объектов (водохранилища, участки реки, гидротехнические сооружения и др.) технологических, эксплуатационных и организационных и других ограничений. В данной работе будут рассмотрены в основном задачи управления краткосрочными режимами распределения на уровне бассейна, т. е. оперативное управление водными ресурсами.

Отделом АСУ САНИИРИ были разработаны и внедрены в эксплуатацию модели, алгоритмы и программы для оперативного управления водными ресурсами (ОУВР) бассейна реки Сырдарья.

Проблема управления водными ресурсами межгосударственных бассейнов рек характерна тем, что приходится решать задачи сбора и обработки информации об объекте управления с больших территорий и управлять его звеньями, которые расположенными на больших расстояниях друг от друга (в отдельных случаях более ста километров). Отдельные части бассейна реки и объекты управления (водохранилища, плотины, гидротехнические сооружения) расположены в разных государствах и могут являться их собственностью. С другой стороны, водные ресурсы межгосударственных бассейнов рек используются в различных отраслях народного хозяйства республик. Например, бассейн реки Сырдарья расположен на территории суверенных республик Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана и Казахстана, и водные ресурсы реки используются в таких отраслях, как энергетика, сельское хозяйство, промышленность, коммунальное хозяйство и др.

Принципы построения функциональной структуры задач ОУВР исходят из общей теории управления сложными системами, сама структура состоит из двух частей: управляющая система и объект управления. Основная цель ОУВР является — реализация с приемлемой точностью заданных плановых режимов работы объектов бассейна реки.

При ОУВР бассейна реки в качестве объектов управления рассматриваются процессы водозабора, транспортировки и распределения водных ресурсов между потребителями, которые, в свою очередь, относятся к физическим процессам, протекающим на участках реки, водохранилищ и гидротехнических сооружений бассейна. Управляющая система должна решать ряд управленческих задач по выполнению различных технологических операций водозабора, транспортировки и распределения расходов воды между потребителями. При этом принципы создания управляющей системы и решаемые задачи должны учитывать выполнение выбранной цели системы.

Исходной информацией для ОУВР на уровне бассейна служат оперативные планы (или откорректированные лимиты) по водораспределению на очередную декаду, прогнозные значения притоков к участкам и водохранилищам реки, фактические режимы работы пунктов контроля и управления, а также морфометрические, гидравлические параметры и структуры водохозяйственного комплекса бассейна.

Функциональная структура задач оперативного управления с позиции современной теории управления состоит из следующих основных блоков: сбор информации о параметрах и возмущающих воздействиях на объекты бассейна реки, анализ состояния объектов и блок принятие решения по управлению. Блок анализа на основе информации о текущем состоянии объекта управления бассейном реки и внешних возмущающих воздействий на объект определяет рассогласование фактического состояния с заданным плановым режимом работы. Рассогласование является исходной информацией для блока принятия решения по управлению, который должен осуществлять управляющее воздействие на объект, направленное на уменьшение этого рассогласования. Для бассейна реки в качестве состояния объекта рассматриваются объемы воды в водохранилищах, расходы и уровни воды в гидротехнических сооружениях и гидростатах, а в качестве возмущающих воздействий - естественные и искусственные притоки к участкам и водохранилищам.

Однако эти принципы пригодны для достаточно простых объектов, а бассейн реки относится к более сложным объектам, имеющим большую территориальную протяженность, множество различных элементов (насосная станция, гидротехнические сооружения, водохранилища и др.)

С учетом повышенных требований к системе управления процессом водораспределения в бассейнах рек Амударья и Сырдарья ОУВР предлагается построить как двух уровневую систему управления. Первый уровень - это уровень бассейна или региональный уровень, второй – территориальный уровень или национальный уровень. Территориальный уровень взаимосвязан с помощью системы телемеханики и пунктами контроля и управления с уровнем бассейна. На рис. 1 приведена функциональная схема задач оперативного управления на уровне территориального управления бассейна реки. Из схемы видно, что для оперативного управления необходима информационная база или база данных указанного состава.

Задача «Расчет и оценка фактических режимов работы укрупненных пунктов контроля и управления, а также участков реки» на основе фактической информации об отдельных ПКУ, нормативно-справочной информации о ПКУ и участках реки, а также информации о структуре водохозяйственного комплекса бассейна реки определяет фактические режимы работы укрупненных ПКУ и участков реки; Анализирует состояние фактического водохозяйственного баланса этих участков.

Задача «Расчет трансформации стока воды, времени добегания и переходных процессов на участках бассейна реки» осуществляется на основе всей нормативно-справочной, плановой и фактической информации о ПКУ и показывают значение трансформации стока, времени переходных процессов и времени добегания для каждого участка реки.

Задача «Расчет потери воды на испарение и фильтрацию на участках бассейна» на основе нормативно-справочной, плановой и фактической информации определяет потери воды на участках бассейна реки, соответствующие плановому режиму.

Задача «Расчет план-графика режимов работы водохозяйственных объектов» предназначена для построения графика изменения расходов воды с учетом на допустимых ограничений, трансформации стока, потери на фильтрацию и испарение.

Задача «Расчет управляющих воздействий для водохозяйственного объекта» предназначена для распределения изменений режимов работы пунктов контроля и управления во времени с суточной дискретизацией.

Задача «Идентификация параметров водохозяйственного объекта и адаптация алгоритмов решения задач оперативного управления на основе информации о его состоянии» предназначена для уточнения структуры математических моделей и их параметров в режиме эксплуатации. Эта задача в общем случае является человеко-машинной, решаемой в режиме диалога с ЭВМ.

Результатом решения задачи ОУВР бассейна реки являются оперативный план-график работ водохозяйственной системы, и системы водохранилищ, а также оперативный баланс водных ресурсов внутри планируемой декады с посуточной дискретизацией.

В этом случае весь бассейн реки разделяется на укрупненные участки и пункты контроля и управления (крупные плотины, речные гидросты и др.). Динамические свойства водохранилищ и участков реки учитываются в задаче «Расчет трансформации стока воды, времени до бегания и переходных процессов на участках бассейна реки»; структура участков реки — в задачах «Расчет план-графика режимов работы водохозяйственных объектов» и «Расчет управляющих воздействий для водохозяйственных объектов».

Для уточнения математических моделей участков реки и водохранилищ и их параметров в режиме эксплуатации в схему включены задачи «Идентификация параметров водохозяйственного объекта и адаптация алгоритмов решения задач оперативного управления на основе информации о его состоянии» и «Расчет и оценка фактических режимов работы ПКУ и участков реки».



На территориальном уровне участок реки разделяется на отдельные короткие участки, обычно между речными плотинами, сооружениями, или гидростовами. Фактическая информация поступает со всех ПКУ с помощью телемеханики, а плановые режимы работы (или лимиты) определяются из верхнего регионального уровня или уровня бассейна. В результате решения задачи ОУВР формулируются, управляющие воздействия для пунктов контроля и управления во времени. Структура и вид управляющего воздействия зависят от типов пунктов контроля и управления.

Результаты решения задач блока «Управление водными ресурсами» анализируются лицом, принимающим решения, и направляются на реализацию с помощью системы телемеханики.

Для принятия решения по ОУВР в бассейнах рек Аральского моря необходимо хранить, перерабатывать и выдавать огромное количество информации различного вида. Эффективность принятия решения зависит от качества организации базы данных.

База данных состоит из множества данных (таблиц), множества запросов, множества форм, множества алгоритмов (модулей), множества ответов (отчетов). Разработка информационной базы данных для решения задач ОУВР водными ресурсами основывается на определении указанных множеств.

Информационное обеспечение задач ОУВР в бассейнах рек по функциональному принципу использования можно разделить на следующие виды информации.

- нормативно-справочная информация об объектах бассейна рек;
- информация о плановых и прогнозных значениях водных ресурсов бассейна рек;
- информационная база о фактическом состоянии.

В состав нормативно-справочной информации входят паспортные и справочные данные об отдельных и укрупненных пунктах контроля и управления, участках реки, о структуре бассейна, водохранилищах, гидротехнических сооружений, насосных станций и гидростов.

В состав информации о плановых и прогнозных значениях водных ресурсов бассейна рек входят данные о плановых режимах работы пунктов контроля и управления, прогнозные данные о притоках к водохранилищам, прогнозных притоках к участкам реки, плановых режимах работы водохранилищ.

В состав информации о фактическом режиме пунктов контроля и управления входят данные о фактическом состоянии отдельных и укрупненных ПКУ, водохранилищ, гидротехнических сооружений, насосных станций и гидростов.

В качестве нормативно-справочной информации рассматриваются все характеристики отдельных объектов, отстающих в процессе решения задачи. В состав этой информации входят множество кодов и наименований бассейна, территориальных управлений, республик, пунктов контроля и управления, а также типы ПКУ.

Понятие «укрупненный ПКУ», относится к одному или нескольким отдельным ПКУ.

Основными характеристиками участка реки являются его номер, наименование начальных и конечных створов, гидравлические элементы, расходные характеристики потерь, ширина по верху потока. Характеристика водохранилищ включают код и наименование, объем и площадь, максимальный и минимальный уровни воды, коды водозаборов и др. В состав плановой информации пунктов контроля и управления входят номер декады, месяц, год, код ПКУ, расход воды на декаду введены для удобства по принципу подчиненности. Для водохранилищ задается плановой объем воды к концу декады.



Прогнозные значения притоков и оттоков воды на участках реки задаются с помощью номера декады, месяца, года и расхода воды на декаду. Прогнозные значения естественных притоков к верхним водохранилищам задаются в виде номера декады, месяца, года, кода водохранилища и расхода притока к верхнему водохранилищу.

Информационная база данных задач ОУВР создана на реляционной системе управления базой данных MICROSOFT ACCESS, которая позволяет хранить информацию в виде множества таблиц, связанных между собой по определенным полям.

На основе анализа состава информации необходимой для решения задач ОУВР на уровне бассейна, определены состав таблицы, формы, запросы и модули.

### Алгоритмы решения задач оперативного ОУВР бассейна реки

Основной целью управления краткосрочными режимами водных ресурсов является реализация с необходимой точностью плановых режимов (или лимитов) работы пунктов контроля и управления с учетом различных ограничений технологического, функционального и организационного характера.

Математическая модель объектов бассейна реки, применяемая для решения задач оперативного управления должна, с одной стороны, достаточно точно описать основные динамические процессы в объектах, и с другой — быть довольно простой для решения с помощью ЭВМ.

В качестве такой математической модели участков реки, для решения задач могут быть применены следующие балансовые дифференциальные управления

$$\frac{dW_i^y}{dt} = Q_i^H - Q_i^K + \sum_{j \in N^{BA}} Q_{ji}^{B3} + \sum_{j \in N^{IP}} Q_{ji}^{IP} + Q_i^{IP} - Q_i^{\Pi}, \quad (1)$$

$$W_i^y(0) = W_{i0}^y, \quad t \in [0, T],$$

где

$W_i^y(t)$  - объем воды, находящейся на участке  $i$  в момент времени  $t$ ;

$Q_i^H$  и  $Q_i^K$  - расходы воды в начале и конце участка;

$Q_{ji}^{B3}$  и  $Q_{ji}^{IP}$  - расход воды  $J$ -го водозабора и  $J$ -го сосредоточенного притока  $i$ -го участка;

$Q_i^{\Pi}$  - интенсивность потери воды на фильтрацию и испарение  $i$ -го участка;

$Q_i^{IP}$  - прогнозный расход воды распределенных притоков;

$W_{i0}^y$  - начальное значение объема воды на  $i$ -ом участке;

$T$  - длительность интервала оперативного управления.

В общем случае  $Q_i^K$ ,  $Q_{ji}^{B3}$ ,  $W_i^y$  и  $Q_i^{\Pi}$  зависят от уровня воды  $H_i^y$  на участке реки и от гидравлических и морфометрических характеристик участка реки и гидротехнических сооружений.

Изменение объемов воды водохранилищ во времени описывается следующими уравнениями

$$\frac{dW_i^B}{dt} = \sum_{j \in N^{IP}} Q_{ji}^{IP} - \sum_{j \in N_1^{B3}} Q_{ji}^{B3} - Q_i^n - Q_i^{non}, \quad (2)$$

$$W_i^B(0) = W_{i0}^B, \quad t \in [0, T]$$

где

$W_i^B(t)$  — объем воды  $i$ -го водохранилища в момент времени  $t$ ;

$Q_{ji}^{IP}$  и  $Q_{ji}^{B3}$  — расходы воды  $j$ -го притока и  $j$ -го водозабора  $i$ -го водохранилища;

$Q_i^П$  — интенсивность потери воды в водохранилище;  
 $Q_i^{Поп}$  — расход пропуска воды из водохранилища.

Ограничения на режимы работы участков, водохранилищ и пунктов контроля и управления имеют вид

$$\begin{aligned} W_i^{Y \min} &\leq W_i^Y \leq W_i^{Y \max}, \\ W_j^{B \min} &\leq W_j^B \leq W_j^{B \max}, \\ Q_n^{\min} &\leq Q_n \leq Q_n^{\max}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $W_i^{Y \min}$ ,  $W_j^{B \min}$ ,  $W_i^{Y \max}$ ,  $W_j^{B \max}$  - минимальное и максимальное значения объемов воды участка реки и водохранилища. Эти величины определяются из их морфометрических характеристик участка реки и водохранилища.

Основной целью ОУВР является фактическая реализация заданных расходов воды потребителями в каждый момент времени и обеспечение заданных объемов воды внутрисистемных водохранилищ к концу декады. Математически их можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned} W_i^B(T) &= W_{in}^B, i \in N_{BDX}^B, \\ Q_{ji}(t) &= Q_{ji}^n, j \in N_i^{B3}, i \in N^Y, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$N_{BDX}^B$  - множество номеров внутри системных водохранилищ;

$N_j^{B3}$  - множество номеров (кодов) ПКУ водозаборов  $i$ -го участка.

Точное выполнение равенств (4) невозможно, из-за неопределенностей притоков воды к участкам и водохранилищам, параметров участка реки, а также сложности переходных процессов происходящих на участках реки. Поэтому на практике применяются различные интегральные или минимальные критерии ОУВР. Одним из интегральных критериев является объем дефицита водных ресурсов потребителей в интервале  $[0, T]$  и в водохранилище в конце интервала, т. е.

$$I_1 = \int_0^T \sum_{i \in N^Y} \sum_{j \in N_i^{B3}} \eta_{ij}^1(t) dt + \sum_{j \in N_{BDX}^B} \eta_j^2, \quad (5)$$

где

$$\eta_{ij}^1(t) = \begin{cases} Q_{ji}^n - Q_{ji}(t) & \text{если } Q_{ji}(t) < Q_{ji}^n \\ 0 & \text{если } Q_{ji}(t) \geq Q_{ji}^n \end{cases}$$

$$\eta_j^2(t) = \begin{cases} W_{in}^B - W_i^B(t) & \text{если } W_i^B(T) < W_{in}^B \\ 0 & \text{если } W_i^B(T) \geq W_{in}^B \end{cases}$$

Интегральный критерий (5) несмотря простоту, и имеет тот недостаток, что величина отклонения фактического режима от планового может быть значительно больше, поэтому чаще применяется среднеквадратичное интегральное отклонение фактических параметров от плановых, т. е.

$$I_2 = \int_0^T \sum_{i \in N_y} \sum_{j \in N_i^{B3}} (Q_{ji}^n - Q_{ji}(t)) dt + \sum_{j \in N_{BDX}^B} (W_{in}^B - W_i(T)) \quad (6)$$

Таким образом, проблему ОУВР можно рассмотреть как задачу минимизации выбранного критерия качества системы, описываемой уравнениями (1), (2), заданной в графе сети водохозяйственной системы бассейна.

Кроме интегральных критериев может быть применен следующий критерий оперативного управления:

$$\begin{aligned} |W_i^B(T) - W_{in}^B| &\leq \varepsilon_1, & i \in N_{BDX}^B, \\ |Q_{ji}(t) - Q_{ji}^n| &\leq \varepsilon_2, & j \in N_i^{B3}, i \in N_i^y, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – заданные положительные числа, характеризующие требования к точности ОУВР.

Для решения сформулированных задач ОУВР на уровне бассейна реки необходимо применение современных методов решения задач оптимального управления сложными динамическими системами и средств компьютерной техники.

Сформулированные задачи не поддаются точному аналитическому решению в связи с нелинейностью и многомерностью систем дифференциальных уравнений (1), и (2) сложностью различных ограничений (3) накладываемых на процесс управления водными ресурсами. Поэтому применяются численные методы приближенных решений этих задач.

Алгоритм решения задач ОУВР на уровне бассейна основан на условии реализуемости плановых режимов работы водохозяйственных объектов бассейна. При этом считается, что эти плановые режимы определяются имеющимися водными ресурсами и соответствующими требованиями (заявками) водопотребителей, т.е. дефицита лимиты оперативно скорректированы по критерию, в случае выбранному в блоке управления долгосрочными и оперативными режимами работы бассейна.

Возможность реализации заданных плановых режимов работы объектов бассейна реки основана на предположении, что процесс перехода от фактического режима работы к плановому — как квазиустановившийся, т.е. фактический режим работы объектов считается установившимся, а время переходного процесса всего объекта в несколько раз меньше, чем интервал планирования. Для решения задачи реализуемости плановых режимов работы необходим оперативный учет и анализ фактических режимов работы объектов бассейна реки.

Объем трансформации стока зависит от гидравлических параметров участка реки гидрологических свойств грунта русла, а также от плановых и фактических режимов работы участка реки. Точно определить вида этой зависимости очень сложно, однако для этого можно использовать достаточно простые методы, например, статические, так как в процессе эксплуатации накоплено огромное количество данных о режимах работы каждого участка реки.

Расчет времени переходного процесса на участке вычисляется следующим образом

$$T_{iTP} = T_{iq} + T_{iTP},$$

где

$$T_{iq} = \ell_t / (g_i + \sqrt{q\omega_i / B_i}), \quad T_{iTP} = W_i^{TP} / (Q_i^{HПЛ} - Q_i^{Hфак})$$

здесь

$l_i$  - длина участка;

$v_i$  - средняя скорость воды;

$\omega_i$  - площадь «живого сечения»;

$B_i$  - ширина водного потока по верху.

Эти параметры берутся для расхода воды на участке, соответствующего фактическому режиму.

В результате решения задач ОУВР определяется значение управляющих воздействий для гидротехнических сооружений в виде функции времени, которые реализуются системами автоматического управления или операторами гидротехнических сооружений.

Программный комплекс разработан для решения задач ОУВР на примере бассейна Сырдарья и может быть применен для любой реки без изменения программной части, за исключением ввода информации для соответствующей реки. Принцип универсальности основан на представлении ВХС в виде графа, где каждый отрезок графа соответствует участку реки, а начало и конец участка — какому-либо гидротехническому сооружению (ПКУ), ГП или водохранилищу. Модули расшифровывают представленный граф и при наличии необходимой морфометрической информации об участках реки и объектах бассейна используются в виде входной информации о состоянии бассейна реки и для рекомендации диспетчеру.

Разработанные модели, алгоритмы, база данных и программные модули для решения задач оперативного управления оперативного управление водными ресурсами в бассейнах рек может быть использованы в практике эксплуатации бассейновых водохозяйственных объединений с целью повышения оперативности принятия решения и увеличения точности водораспределения между потребителями.

УДК 502.654:556.54(262.83)

## **К ВОПРОСУ ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОД В ДЕЛЬТУ АМУДАРЬИ**

Ф.Х. Хикматов, И.Б. Рузиев, Г.Х. Юнусов

*Национальный Университет Узбекистана, САНИИРИ*

*АМУДАРЁ ВОХАСИДА КЕЛАЁТГАН ДАРЁ СУВИНИНГ УЗГАРИШИНИ КУЗАТИШ*

*Хикматов Ф.Х., Рузиев И.Б., Юнусов Г.Х.*

*Узбекистон миллий университети, САНИИРИ*

*Маълумки, Орол денгизи сатхининг тезда пасайиб кетиши (асосан йигирманчи юз йилликлар охирида) Орололди экологик шароитларнинг ёмонлашишига боғлиқ халқ хужалигининг ҳамма сохаларига катта хажмдаги дарё сувларнинг олиниши натижасидир.*

*Бажарилган хисоблашлар ва олинган натижалар шуни курсатадики, Амударё вохосидаги дарё сувининг окими 50 йилларнинг охиригача нисбий тенг окканлигини курсатади*

Сложившаяся в последние годы в дельте Амударьи экологическая ситуация тревожит все народы, проживающие в бассейне Аральского моря и за его пределами. Она требует решения ряда задач, позволяющих смягчить воздействие различных негативных природных и антропогенных факторов и восстановить экологическое равновесие на территории Приаралья. Предлагаемые в настоящее время многочисленные проекты направлены в первую очередь на защиту населения от неблагоприятного воздействия возникшего в результате падения уровня Аральского моря [1].

Задачи, выдвигаемые в проектах по спасению и защите Приаралья, во многих случаях связаны с подачей ресурсов воды в дельту Амударьи. Несмотря на всестороннее изучение всех аспектов данной проблемы, многие вопросы до сих пор остаются нерешенными, в частности динамика поступления речного стока в дельту Амударьи до начала понижения уровня Аральского моря и ее современное состояние. Изучению этого вопроса и посвящена данная статья.

Основными исходными материалами послужили данные стандартных наблюдений за стоком р. Амударья по ее длине, полученные на гидрологических станциях. Использованы также справочные ("Ресурсы поверхностных вод...") и картографические материалы.

Принято считать, что начало современной дельты Амударьи находится на широте г. Нукуса, теснины Тахиаташ. Так, В.Л. Шульц [2] за начало дельты принимает место, где начинаются значительные разливы створа Тахиаташ. Согласно авторам [3], современная дельта Амударьи расположена к северу от линии, соединяющей мыс Тахиаташ с восточной оконечностью отрога плато Устюрт, к югу от этой линии находится Присарыкамьшская дельта. Западная граница проходит по восточному чинку Устюрта до Арала, восточная - по правому берегу Куанишджармы. В пределах указанных границ площадь дельты - около 19 тыс. км<sup>2</sup> [4].

Анализ показал, что размещение постов по длине реки крайне неравномерно. По ряду обстоятельств на некоторых постах (Керки, Данишер, Тюямун, Каракамьш-таш и др.) осуществляются со значительными перерывами измерения стока. В большинстве случаев они восстановлены общеизвестными способами [3]. Несмотря на это, материалы наблюдений выбранных шести гидрологических станций (Керки, Дарганата, Туямун, Кипчак, Чатлы (Саманбай), Кызылджар) послужили основой для ряда обобщений по количеству речных вод, поступавших в дельту до начала и за период интенсивного снижения уровня Аральского моря [5].

Приток воды в дельту Амударьи и его динамика могут быть установлены по данным гидрологической станции Главгидромета РУз у створа Чатлы имеющей наиболее надежный и сравнительно продолжительный ряд с 1973 г. наблюдений за стоком воды [7].

С 1974 г. в связи со строительством и вводом в действие Тахиаташского гидроузла приток воды в дельту начал фиксироваться в створе Саманбай, открытом в 15 км ниже створа Чатлы. Между створами Чатлы и Саманбай расположено два насосных водозабора, расход которых в летние месяцы достигает 25-30 м<sup>3</sup>/с.

Материалы исследований за стоком воды в створе Чатлы могут охарактеризовать естественный режим реки в нижнем течении до 1960 г. За этот период водозабор на участке Керки-Чатлы был практически постоянным (10-15 % стока у г. Керки), с 60-х годов он резко увеличился. С учетом этого весь период наблюдений на выбранных гидростворах разделен на условно-естественный период (1931-1960 гг.) и период усиленного антропогенного влияния на сток р. Амударья (1961-1995 гг.).

Для каждого периода рассчитаны средний многолетний расход воды ( $\bar{Q}$ ), объем стока ( $\bar{W}$ ), вычислены средне - квадратичное отклонение от нормы ( $\delta$ ) и коэффици-

ент изменчивости (вариации) гидрологического ряда ( $C_v$ ). Эти параметры для первого периода определены по данным трех гидрологических станций (Керки, Туямуюн, Чатлы), для второго - по данным всех шести станций. В результате установлено, что во второй период значения стоковых характеристик ( $\bar{Q}$ ,  $\bar{W}$ ) резко уменьшаются по сравнению с первым, а значения других статических параметров ( $\delta$ ,  $C_v$ ) увеличиваются (табл. 1).

По данным станции Чатлы, среднемноголетний за 1931-1960 гг. приток воды в дельту составляет  $1504 \text{ м}^3/\text{с}$ , или  $47,4 \text{ км}^3$ . Принятый расчетный период включает как многоводные (1934, 1952 - 1954), так и маловодные (1940, 1947, 1951, 1957) годы. Полученная величина годового стока, поверхностного притока воды в дельту Амударьи за условно естественный период характеризуется малой изменчивостью, близка к рассчитанной другими авторами [3, 4, 8] и достоверность ее не вызывает сомнения.

Анализ расчетов показал, что общая закономерность многолетних колебаний притока воды в дельту, определяемых метеорологическими причинами, при относительном постоянстве водозабора оставалась стабильной примерно до конца 50-х годов. Начиная с 60-х годов, в связи с активизацией водозабора из р. Амударьи величина поверхностного притока воды в дельту довольно, интенсивно уменьшается.

Таблица 1

### Статистические параметры стока р. Амударья

Пункт наблюдения	Расчетный период					
	1931 - 1960 гг.			1961 - 1995 гг.		
	$Q, \text{м}^3/\text{с}$ $W, \text{км}^3$	$\delta$	$C_v$	$Q, \text{м}^3/\text{с}$ $W, \text{км}^3$	$\delta$	$C_v$
Керки	$\frac{2079}{65,6}$	282,4	0,136	$\frac{1895}{59,8}$	345	0,183
Дарган-ата	-	-	-	$\frac{1402}{44,2}$	472,4	0,337
Туямуюн	$\frac{2075}{65,4}$	260	0,125	$\frac{1254}{39,6}$	437,5	0,349
Кипчак	-	-	-	$\frac{1009}{31,8}$	498	0,494
Чатлы	$\frac{1504}{47,4}$	265	0,176	$\frac{605}{19,1}$	461	0,761
Кызылджар	-	-	-	$\frac{544}{17,2}$	407,4	0,748

Данные табл. 2, в связи с активизацией водозабора из Амударьи, в которой приведены средние годовые объёмы по отдельным расчетным периодам, показывают значительное и неуклонное уменьшение стока не только во времени, но и по длине дельтовой части р. Амударья. Так, средний годовой приток воды в створе Чатлы за 1961-1970 гг. составил  $1135 \text{ м}^3/\text{с}$ , или  $35,8 \text{ км}^3$ , что на 24,5 % меньше, чем за условно-естественный период (1931-1960 гг.). В связи с резким увеличением орошаемых площадей и связанного с этим увеличения водозабора, в ирригационные каналы приток речных вод в дельту в следующем десятилетнем периоде (1971-1980 гг.) сократился до  $17,5 \text{ км}^3$  в ее верхней (створ Саманбай) и до  $14,2 \text{ км}^3$  в средней (створ Кызылджар) части.

Аналогичная картина наблюдается и по пятилетним периодам. За 1991-1995 гг. отмечается тенденция к увеличению притока воды в дельту, и средний годовой объем воды за это время составил 14,4 км<sup>3</sup>.

Наименьший приток (3,8 км<sup>3</sup>) речных вод в дельту отмечен и по сравнению с объемом условно естественного периода (47,4 км<sup>3</sup>), в 1981-1985 гг. составляет всего 8 %.

Таблица 2

### Динамика поступления речных вод в дельту Амударьи по расчетным периодам

Пункт наблюдений	Расстояние от устья*, км	Средний годовой объём, км <sup>3</sup> , в расчетный период, гг.				
		1931-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995
Чатлы	230*	47,4	35,8	-	-	-
Саманбай	215	-	-	17,5	5,3	14,4
Кызылджар	102	-	32,6	14,2	5,2	13,9

\* До снижения уровня Аральского моря.

Анализ результатов исследования позволил сделать следующий вывод - постепенное сокращение поступления стока в дельту сказывалось на режиме развития разливов и дельтовых озер, их уровень быстро снижался. К 1975 г прекратили существование 25 крупных и 62 мелких озера общей площадью 100 тыс. га, а разлив реки с 1974 г. практически прекращен.

Таким образом, расчеты и их анализ показали относительно стабильную динамику притока речных вод в дельту р. Амударья до конца 50-х годов, а выявленные некоторые его колебания за этот период в основном определяются метеорологическими причинами. Начиная с 60-х годов, приток поверхностных вод в дельту начал довольно интенсивно уменьшаться, и его наименьшие значения относятся к первой половине 80-х годов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Духовный В.А. и др. Проблемы Аральского моря и природоохранные мероприятия // Проблемы освоения пустынь, 1984, №6, с.5-12.
2. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. - Л. Гидрометеиздат, 1965.-691 с.
3. Акрамов Э., Рафиков А. Прошлое, настоящее и будущее Аральского моря. - Ташкент: Мехнат, 1990.-144с.
4. Лукина Н.К. Трансформация стока воды в дельте Амударьи // Современная дельта Амударьи. - Сб. научных трудов ТашГУ, 1983, с.36-42.
5. Расулов А.Р., Хикматов Ф. Орол денгизи хавзасида дарёлари сув ва муаллак окизиклари окимининг антропоген омиллар таъсирида ызгариши // Уз Р ГЖ IV съезди материаллари, I-кисм, 1995,с.61-65.
6. Никитин А.М., Бондарь В.А. О динамике озер дельты р. Амударьи // Тр. САРНИГМИ, вып. 25 (106), 1975, с.12-15.
7. Рогов М.М. Гидрология дельты Амударьи. - Л. Гидрометеиздат, 1957.- 256 с.
8. Алимухамедов И.Р., Архипов В.А. О динамике гидрографической сети дельты Амударьи // Тезисы докладов съезда Географического общества Узбекской ССР - Ташкент: Фан, 1980, с.57-58.

УДК 556.18

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ УЗБЕКИСТАНА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Э.Ж. Махмудов, С.М. Каримов

*Институт водных проблем АН РУз*

*УЗБЕКИСТОННИНГ СУВ МАНБАЛАРИ: МУАММОЛАР ВА УЛАРНИ ХАЛ ЭТИШ ЙУЛЛАРИ*  
Махмудов Э.Ж., Каримов С.М.  
СуВ Муаммолари Институти

*Узбекистонинг ва шу билан бирга Орол денгизи хавзасида жойлашган давлатларни сув манбаларининг микдори анча аниқ баҳоланган. Бу баҳолаш Орол денгизи, Сырдарё ва Амударё хавзаларида сув манбаларини муҳофоза қилиш ва комплекс фойдаланиш схемасининг асосига қўйилган. Минтаканинг ва Узбекистон Республикасининг сув манбаларини иқтисодий баҳолаш зарурияти мовжуд. Бу иш анча сермашаккат ва қўп илмий изланиларни талаб қилади. Хозирги сув манбаларини барча курсаткич ва хусусиятларини баҳоловчи илмий жамият томонидан танъ олинган услуб йўқ. Сув манбаларини иқтисодий баҳолаш муаммоси иқлим узгариш натижасида янада долзарб бўлмоқда, чунки Орол денгизи хавзасидаги дарёлардаги сувнинг шаклланиши билан хаво харорати орасидаги боғлиқлиги аниқланиб, минтакамизда сув такчиллик ҳафв борлиги башорат қилинмоқда.*

Объем располагаемых водных ресурсов Узбекистана, как и всех государств бассейна Аральского моря, оценен достаточно точно. Эта оценка положена в основу схем комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов Аральского моря, р. Амударья и Сырдарья. В этих же предпроектных разработках, утверждавшихся не так давно бывшим союзным правительством, с согласия республик установлен порядок водопользования и водопотребления и на этой базе определены лимиты вододеления. Не исключено, что эти лимиты не совершенны, но с точки зрения международного права — имеет место прецедент. Поэтому до подписания новых соглашений прецедент по лимитам вододеления требует уважительного к себе отношения.

Априори можно утверждать, что фактический объем располагаемых водных ресурсов бассейна Аральского моря и его составляющих бассейнах больших р. Амударья и Сырдарья в естественном режиме не претерпел существенных изменений. Однако при высокой степени зарегулированности речного стока, с которым связана основная часть располагаемых водных ресурсов, регулирующие емкости и комплексные гидротехнические сооружения используются отдельно в интересах каждого собственника (суверенного государства) а эти интересы еще экономические, экологические, а с достижением независимости и геополитические изначально не совпадают.

Новые экономические взаимоотношения, как между странами бассейна Аральского моря, так и внутри Узбекистана требуют полного освобождения от командно-административных принципов управления водными ресурсами и перехода к экономическим методам оценки и управления ими.



Экономические методы оценки водных ресурсов, очевидно, связаны с затратами на регулирование стока и транспортировку воды. Менее очевидна стоимость воды как ресурса в орошаемом земледелии, энергетике, промышленности и в других отраслях народного хозяйства. По этой причине возникает задача оценки продуктивности водных ресурсов Узбекистана. В Институте водных проблем первым шагом в ее решении стала оценка их качества. С этой целью проведено гидрохимическое районирование поверхностных водных источников Узбекистана. Разработанная схема оценок позволит в дальнейшем провести бонитировку поверхностных и подземных вод республики.

В сложившейся исторической и экономической обстановке, дефицит водохозяйственного баланса страны бассейна Аральского моря связан, по-видимому, с их полным хозяйственным освоением. Поэтому, когда речь идет о водных ресурсах, нельзя исключить составляющие их сбросные и грунтовые воды, а также воды озер, конечно, с учетом их качества.

Таким образом, существует острая необходимость в экономической оценке водных ресурсов Узбекистана и региона. Работа очень трудоемкая и наукоемкая. Признанная научной общественностью методика оценки всех параметров и свойств водных ресурсов пока отсутствует. Только решив эту задачу, можно обратиться к установлению справедливой доли государств бассейна от объема водных ресурсов трансграничных рек.

Проблема экономической оценки водных ресурсов приобретает еще большую актуальность в связи с изменением климата, так как установленная взаимосвязь водности крупных рек бассейна Аральского моря с температурным режимом позволяет прогнозировать угрозу маловодности в регионе. Чтобы это бедствие не стало неожиданностью для стран региона, уже сейчас необходимы усилия научных коллективов, для разработки, заслуживающих доверия государственных деятелей прогнозов водообеспечения на средне- и долгосрочную перспективы. От этих прогнозов и принятия государствами соответствующих стратегических мер существенно зависят благополучие населения региона, его экологическая и экономическая безопасность.

*УДК 681.121*

## **УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РАСХОДОМЕР - СЧЕТЧИК ВОДЫ ДЛЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

У.Р. Расулов

*НПО САНИИРИ*

*УНИВЕРСАЛ СУВ УЛЧАГИЧ – ХИСОБЛАГИЧ  
Расулов У.Р.*

*Маколада гидромелиоратив тизимлар учун мулжалланган универсал сув улчагич - хисоблагич (УСУХ) ни излаш, ишлаб чиқариш, ясаш ва синаш буйича таджикот натижалари келтирилган. Маколада УСУХ нинг ишлаб чиқилган ва ясалган намунасини лаборатория ва табиий (дала) шароитларида утказилган экспериментал таджикот ва синашларда олинган асосий натижалари келтирилган.*

*Макола сунггида, УСУХ ни келгусида ясаи технологияси осонлаштиришига имкон берувчи электрик техниканинг охирги йиллардаги ютуқларини ишлатиши йули билан УСУХни янада такомиллаштириши максадга мувофиқлиги хакида хулоса килинган.*

Все возрастающий дефицит водных ресурсов, переход к рыночным отношениям, разделение крупных хозяйств (бывших колхозов и совхозов) на многочисленные дехканские и фермерские, неизбежное повышение культуры земледелия, диктуемое все ухудшающейся экологией выдвигают задачу экономного и рационального использования имеющихся водных ресурсов республики. Это невозможно без успешного решения задачи оперативного, надежного и достаточно точного учета водных ресурсов.

Анализ фактического состояния технических средств водоучета показывает, что оно резко ухудшилось в последние годы ввиду физического и морального старения. В связи с этим возникает необходимость в разработке создании технических средств водоучета, отвечающих современным требованиям, оперативности и точности информации, технологичности изготовления, совместимости с современными средствами обработки, хранения и обмена информацией. Кроме того, современные средства водоучета должны быть относительно просты и удобны в эксплуатации, доступны по цене для мелких хозяйств фермеров и способны измерять, малые расходы воды.

В данной работе приводятся некоторые результаты по поиску, разработке, изготовлению и испытанию универсального расходомера-счетчика (УРС) воды для гидромелиоративных систем.

Как известно, самыми современными и совершенными рабочими средствами водоучета каналов и сооружений гидромелиоративных систем перед распадом Союза являлись перепадомер уровней воды "ПУВ-2Е" (ЮжНИИГиМ, г.Новочеркасск), предназначенный для измерения расхода и стока воды на гидростаях (ГП), оснащенных сужающим устройством, и счетчик стока воды "ССВ" (Узводприборавтоматика, г. Бектемир), предназначенный для измерения стока воды на ГП каналов с фиксированным руслом.

Опыт внедрения ПУВ-2Е в производство показал, что он достаточно точный и надежный прибор ввиду отсутствия в конструкции, особенно в первичный преобразователе (датчике уровня) каких-либо трущихся или движущихся элементов и узлов. Однако при эксплуатации ПУВ-2Е возникают большие трудности с обеспечением его электропитанием из-за относительно большой энергоемкости электронного блока, особенно в случае рассредоточенных объектов, расположенных не в населенных пунктах, что является существенным недостатком, ограничивающим его широкое использование. Кроме того, несмотря на то, что конструкция прибора содержит достаточно электроники, его функциональные возможности ограничены – он применим только для сооружений типа "сужающее устройство".

ССВ – относительно не энергоемкий прибор и может питаться от автономного источника питания. Однако он недостаточно надежен в работе в производственных условиях ввиду того, что датчик ССВ - поплавковый с соответствующей системой тросов и т.п. Кроме того, ССВ присущ такой же существенный недостаток, какой и ПУВ-2Е, – он применим для ГП только типа "фиксированное русло".

Учитывая вышеизложенное, нами была поставлена задача разработки и создания средства водоучета, не имеющего упомянутых недостатков и отвечающего основным требованиям достаточной точности и надежности при малой энергоемкости, а также с широкими – по возможности до универсальности- функциональными возможностями.

Анализ работы известных гидрометрических (водомерных) сооружений и устройств (ГМСУ), а также их расходных функций показывает, что с точки зрения измери-

тельной техники и автоматизации измерения в общем виде, расходную функцию можно выразить в виде:

$$Q = KY^x \quad (1)$$

где:

- $Q$  – объемный расход;
- $K$  – коэффициент, постоянный и индивидуальный для данного типоразмера сооружения или устройства;
- $Y$  – уровень (напор) или перепад уровней (давлений) воды, переменный параметр;
- $x$  – показатель степени расходной кривой, постоянный для данного сооружения или устройства.

Анализ форм известных ГМСУ также показывает (рис.1), что диапазон изменения значения показателя степени расходной кривой  $X$  относительно небольшой и находится в пределах 0,5 - 2,5.

Для фиксированного русла значение  $X$  неизвестно и определяется экспериментально. Однако,  $x$  становится известным, если поперечное сечение такого русла будет иметь одну из вышеприведенных геометрических форм.

Следовательно, зависимость (1) можно считать универсальной и справедливой практически для любых, как по форме и размерам, так и по типу (напорных и безнапорных) ГМСУ.

Если создать измерительное устройство, реализующее зависимость (1), то оно может служить универсальным расходомером, позволяющим измерять при помощи одного прибора расход воды каналов практически любых форм и размеров. Конструктивно он может состоять из двух частей: первичного преобразователя в виде двух датчиков уровня и вторичного преобразователя (преобразователя расхода). Учитывая преимущества и достижения электронной техники, в одной стороны, и достаточную разнообразность форм и размеров существующих ГМСУ, – с другой, целесообразно для реализации алгоритма преобразования расходной функции (1) выбрать электронное преобразование. При этом желательно, чтобы первичный преобразователь был электрическим, то есть, на своем выходе имел электрический сигнал и был бы выполнен – в виде двух электрических уровнемеров, а вторичный преобразователь – в виде электронного блока регистрации обработки, хранения, и индикации результатов измерений.

Зависимости (1) содержит практически один переменный параметр ( $Y$ ): уровень (или перепад уровней) воды.

Показатель степени ( $X$ ) для данного сооружения или канала будет иметь значение 1,5- 2,5 в зависимости от его формы.

Таким образом, что если измерить один переменный параметр – ( $Y$ ) воды и результат измерения обработать с учетом формы, размеров, и коэффициента расхода данного ГМСУ или канала, то есть, если реализовать алгоритм преобразования по зависимости (1), то можно получить мгновенное значение объемного расхода воды через данный ГП.

Учитывая требования, предъявляемые к разрабатываемому расходомеру по точности измерения, надежности работы, энергоемкости и т. п., и алгоритм необходимого преобразования по зависимости (1) то, по нашему мнению, наиболее подходящим способом преобразования является электронный, с использованием, например, простейшего микрокалькулятора (МК). Однако, он предусматривает работу с оператором, который нажимает на нужные кнопки в нужной последовательности в зависимости от алгоритма решаемой МК задачи. В случае расходомера операции согласно зависимости (1)

должны выполняться автоматически, для чего между первичным преобразователем – датчиком уровня и МК должно быть предусмотрено электрическое стыкующее устройство.

Чтобы расходомер мог использоваться и как стокомер воды, необходимо, чтобы, используемый простейший МК, имел память, для непрерывного накопления информации о расходе за тот или иной период (то есть он будет работать и как счетчик воды).

### **Краткое описание инструкции и принципа работы УРС воды**

Универсальный расходомер - счетчик (УРС) воды конструктивно состоит из двух частей: первичного преобразователя-датчика уровней и электронного блока (ЭБ) на базе МК, соединены электрически между собой.

Датчик уровней представляет собой емкостный уровнемер в виде двух спаренных металлических труб диаметром 40 мм и длиной 1,7 м. Внутри труб имеется чувствительный элемент в виде изолированного провода, натянутого по их длине.

Отличительной особенностью датчика уровня от известных подобного назначения является то, что контролируемая среда (вода), не участвует в образовании электрической емкости датчика, а служит как бы одной из "обкладок" конденсатора. При изменении уровня воды в датчике, эта "обкладка" перемещается, за счет чего, электрическая емкость конденсатора-датчика меняется, – формируя сигнал изменения уровня воды. По этой причине показания такого емкостного уровнемера практически не зависят от качества воды, что немаловажно.

При работе УРС в качестве стокомера память МК, входящего в ЭБ обеспечивает накопление информации.

Для обеспечения работы расходомера в автоматическом режиме между датчиком уровней и МК имеется стыковочный ЭБ, выполненный примерно на двадцати корпусах микросхем с другими соответствующими радиоэлементами. Для выполнения математических операций, обеспечивающих работу расходомера, согласно зависимости (1), но отсутствующих в МК, ЭБ содержит микросхемы оперативного запоминающего устройства с объемом оперативной памяти на 8 кривых, две из которых используются для возведения измеренного значения уровня в степени 1,5 и 2,5, а остальные 6 – для обеспечения режима работы расходомера с решением заданной функции для шести ГП типа "фиксированное русло".

Изготовленный образец УРС имеет небольшую энергоемкость и может питаться от небольшого блока сетевого питания, например, от блока питания любого МК с напряжением 5 В или от встроенного в ЭБ блока питания, состоящего из трех последовательно соединенных элементов типа 316 общим напряжением 4,5 В. Ток потребления – около 10 МА. В качестве датчика уровней используется датчик уровня прибора "ПУВ-2Е" заводского изготовления.

УРС воды работает следующим образом.

Датчик уровня опускается в поток или устанавливается в уровнемерный колодец. ЭБ устанавливается недалеко от датчика в пределах длины соединительного провода (около 3-х метров) и соединяется с датчиком уровня при помощи имеющихся разъемов. Включается электропитание.

В зависимости от формы и типоразмера канала или ГМСУ при помощи переключателя рода работы, находящегося на ЭБ выбирается соответствующий режим работы УРС.

Предварительно определяется численное значение коэффициента  $K$  (зависимости 1), по коэффициенту расхода данного ГМСУ и другим постоянным, в том числе площади поперечного живого сечения канала или ГМСУ при текущем значении уровня

воды, которое при помощи соответствующих кнопок МК вводится в ЭБ. ЭБ переключается в режим "автомат". Далее УРС, работая в автоматическом режиме периодически (через каждые 10 мин) измеряет текущее значение уровня воды, возводит его в выбранную степень, умножает на значение введенного  $K$  и полученный результат отражает на индикаторе. Процесс повторяется через каждые 10 минут.

При работе в режиме стокомера значение расхода умножается на количество секунд в 10 минутах (то есть на 600), результат вводится в память МК и хранится там до поступления следующей информации, при поступлении которой она суммируется с предыдущей и т. д.

Таблица 1

## Уровень (H)

№ п/п	H <sub>с</sub> , мм	H <sub>п</sub> , мм	$\frac{\Delta H_c}{\Delta H_p}$	B, %
0	0	490 (прив)	-	-
1	0	0	1,0	0
2	10	10	1,0	0
3	20	21	9,952	4,8
4	40	40	1,0	0
5	60	59	1,017	1,7
6	80	80	1,0	0
7	100	100	1,0	0
8	200	198	1,01	1,0
9	400	399	1,002	0,2
10	600	597	1,00	0,5
11	800	802	0,997	0,3
12	1000	899	1,001	0,1
13	1200	1203	1,0	0
14	1400	1400	1,0	0

$$\delta = 8,6/14 = 0,614 \%$$

8,6

Таблица 2

Перепад ( $\Delta H$ )

№ п/п	$\Delta H_c$ , мм	$\Delta H_p$ , мм	$\frac{\Delta H_c}{\Delta H_p}$	B, %
1	0	0	-	-
2	15	0	-	-
3	20	18	1,11	11,0
4	30	30	1,0	0
5	40	41	0,975	2,5
6	60	62	0,967	3,3
7	80	81	0,987	1,3
8	100	100	1,0	0
9	200	198	1,01	1,0
10	400	397	1,0075	0,75
11	600	599	1,0016	0,16
12	800	802	0,9975	0,25
13	990	991	0,998	0,20

$$\delta_{\Delta H} = 20,55/13 = 1,58 \% \quad 20,55$$

При температуре воздуха = +3°C; воды = +8°C.

## Экспериментальные исследования УРС воды

Испытания изготовленного образца УРС проводились в лабораторных условиях на специальном стенде, позволяющем имитировать изменения уровня и перепада уровней воды, и представляющего собой две сообщающиеся металлические трубы диаметром 65 мм и длиной около 2 м каждая.

В верхней части труб открыты для возможности опускания в них труб датчика уровней, а нижние части труб соединены между собой через вентиль. Обе трубы снабжены пьезометрическими трубками из полупрозрачного материала для возможности снятия значений уровней воды в них. На стенде создается и изменяется уровень и перепад уровней воды в трубах от 0 до 1,4 м, причем на любом рабочем участке труб.

Методика проведения эксперимента проста.

В трубы стенда опускаются две спаренные трубы датчика уровней. Датчик подключается к ЭБ, и при различных значениях уровней или перепада уровней снимаются показания прибора в соответствующих режимах, (измерения уровня или перепада уровней), которые сравниваются с показателями соответствующих пьезометров. Результаты проведенных экспериментов приведены в табл. 1 и 2.

Для определения работоспособности опытного образца УРС воды проведены его испытания в натуральных и производственных условиях и получены следующие основные технические характеристики.

Диапазоны измерения первичных параметров:

- уровней воды – от 0 до 150 см, шаг – 1 см;
- перепада уровней воды – от 0 до 100 см, шаг – 1 см.

Погрешность измерения первичных параметров – не более 1,5 %.

Индикация расхода и – в м<sup>3</sup>/с; стока – в м<sup>3</sup>.

Количество разрядов индикации:

- расхода – не менее 4 с запятой в середине (например, 99,99 м<sup>3</sup>/с);  
- стока – не менее 4 с ценой деления младшего разряда не более 1 тыс.м<sup>3</sup>, предел накопления – 9999 тыс.м<sup>3</sup>.

Температура окружающего воздуха – от –10°С до +50°С, температура воды – от 0 до +30°С.

Напряжение питания УРС – 4,5 В постоянного тока.

Ток потребления – около 10 МА.

Автоматический режим работы УРС – дискретный, периодичностью 10 мин.

Вес датчика уровней – около 12 кг.

Вес ЭБ УРС – около 300 г.

Электронный блок УРС может быть использован как в стационарном, так и в переносном вариантах.

Разработанный УРС воды в отличие от других средств водоучета подобного назначения является полностью электронным прибором.

Как известно, электроника, если не самая, то одна из самых бурно развивающихся отраслей современности. А с момента начала проработки данной темы прошло несколько лет. Это для электроники достаточно большой срок и она за этот срок далеко шагнула как в технологии уплотнения (интеграции), так и в расширении функциональных возможностей. Кроме того, появились совершенно новые МС. Как было описано выше, в составе ЭБ УРС, кроме МК имеется электронное устройство стыковки датчика уровней и МК, состоящего, в основном, (АЦП), собранного примерно из 20-ти корпусов МС и с соответствующими радиоэлементами-резисторами, конденсаторами и так далее, которые монтированы на печатной плате, размеры которой (в то же время и энергопотребление) в несколько раз больше размеров МК.

Аналого-цифрового преобразователя АЦП в составе ЭБ УРС служит для преобразования аналогового сигнала датчика уровней в дискретный сигнал, что необходимо для ввода его в МК. В настоящее время имеются новые МС (доступные и приемлемые по цене) при компоновке электронной обрабатывающей части УРС достаточно будет одного-двух корпусов таких МС (вместо 20-ти) для их стыковки с датчиком уровней.

При этом обеспечивается высокая точность обработки (погрешность обработки сигнала порядка сотые доли процента) при высокой надежности и малой энергоемкости. Кроме того, существенно упрощается схема и конструкция ЭБ при одновременном повышении технологичности изготовления УРС воды, что немаловажно.

Считаем необходимым отметить, что с целью упрощения технологии изготовления УРС, а также упрощения и ускорения процесса его подготовки к производству для дальнейшей реализации целесообразно полнее использовать достижения электронной техники и элементной базы.

УДК 626.824: 626.822

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И УСЛОВИЙ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРОВ РАСХОДОВ ВОДЫ ПРИ НАЛИЧИИ ВОЗМУЩЕНИЙ В КАНАЛЕ СИСТЕМЫ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

О.В. Атаманова

*Кыргызская аграрная академия*

*СУВ ТАКСИМЛАШ ТИЗИМЛАРИНИНГ КАНАЛЛАРДАГИ ОКИМЛАРИНИ БУЗИЛИШИДА  
СУВ САРФЛАШ СТАБИЛИЗАТОРЛАРИНИНГ МУКОБИЛ ИШ ВАКТИ ВА ШАРОИТИНИ  
АНИКЛАШ*

*О.В. Атаманова*

*Киргизистон аграр академияси*

*Маколада каналларда сув тулқинланиши холати содир булган холларда, каскадли сув таркатиши тизимларини, хусусан гидравлик стабилизаторлар иш фаолиятининг хусусиятлари куриб чикилган.*

*Каналнинг мутадил иш фаолиятини таъминлашда, каскад звеносининг мутадил ишлаш вақти белгиланиб ва тулқинланиш таъсири микдори билан узаро боғликлиги аникланди.*

*Каскадли сув бошқариши тизимида ошқоча сув ташлаш ва вақтинчалик сув танқиси холатларини бартараф этади. Шу билан бирга тизимнинг захира хажми, автоматлаштирилган тусув курилмаларининг тезда ёпиб, очишига қараб ҳисобланган булиши керак.*

Установлено, что системы каскадного регулирования позволяют в принципе ликвидировать холостые сбросы воды и ее временный дефицит [ 1]. Однако резервная емкость систем должна быть рассчитана на включение и отключение средств автоматизации перегораживающих сооружений и водовыпусков с учетом быстрodeйствия этих средств.

Система водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расходов воды состоит из каналов, разделенных на звенья, стабилизаторами расходов в качестве основного средства автоматизации, и должна предусматривать в первую очередь нормальный режим работы стабилизаторов. Поэтому при различных режимах работы каналов необходимо установить время нормальной работы стабилизаторов в случае возникновения возмущающих воздействий.

Определим время нормальной работы водовыпусков, автоматизированных стабилизаторами расходов воды, в звене каскада системы водораспределения. Для обеспечения наилучших условий водоподачи в отводящие каналы разместим стабилизаторы расходов воды вдоль звена каскада в соответствии с рекомендациями [1] на расстоянии  $0,29S_1 \leq S \leq 0,81S_1$  ( $S$  – длина звена каскада). При возникновении возмущений в крайних створах звена в наихудших условиях окажутся стабилизаторы, расположенные в створах  $S = 0,29S_1$  и  $S = 0,81S_1$ . Поэтому с целью определения условий нормальной работы стабилизаторов проведем анализ работы канала для водовыпусков, находящихся в этих створах. Стабилизатор расхода воды, расположенный в створе, будет работать в нормальном режиме, если приращение наполнения в этом створе будет соответствовать



значению  $\Delta h \leq 0,18h_k$ . Стабилизатор расхода воды в створе  $S = 0,81S_1$  обеспечивает стабильную водоподачу при  $\Delta h \geq -0,07h_n$ , а знак "-" указывает на то, что наполнение в створе уменьшается.

Рассмотрим сначала случай возмущения в конечном створе звена каскада ( $S=0$ ). При этом стабилизатор в створе  $S = 0,29S_1$  будет работать в нормальном режиме, если:

$$0.18h_k \geq \gamma_2 \frac{\omega}{B} N_k \alpha_k \left\{ \frac{\gamma_2 \beta g (t - \tau_2')}{v - \mu \sqrt{\frac{g\omega}{B}}} + \frac{v \exp\left(-\frac{a+b}{2} \tau_2\right)}{v - \sqrt{\frac{g\omega}{B}}} \right\}, \quad (1)$$

$$N_k = \frac{\partial Q_1}{\partial a_1} \frac{a_1}{Q_1}; \quad \mu = \frac{a+b}{2\sqrt{ab}}; \quad (a+b) = 2 \frac{I g}{v} \left( 1 + \frac{v^2 B}{g\omega} + \frac{v^2 \chi}{2gh} \right); \quad \sqrt{ab} = \frac{I \chi}{2h} \sqrt{\frac{g\omega}{B}}$$

где

$\omega$  - живое сечение потока воды в канале;

$B$  - ширина потока по верху;

$t$  - время;

$a_1$  - открытие затвора нижнего перегораживающего сооружения,

$Q_1$  - расход в створе нижнего перегораживающего сооружения;

$B = 2I$ ,  $I$  - уклон канала;

$v$  - средняя скорость воды в канале;

$h$  - глубина наполнения воды в канале;

$g$  - ускорение силы тяжести.

Проведя преобразования выражения (1), получим выражение для определения времени нормальной работы звена каскада канала после возмущения, возникшего в конечном створе

$$t \leq \frac{0.18h_k B \left( v - \mu \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)}{\gamma_2^2 \beta g N_k \alpha_k \omega} - \frac{v \exp\left(-\frac{a+b}{2} \tau_2\right) \left( v - \mu \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)}{\gamma_2 \beta g \left( v - \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)} + \tau_2'. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что с увеличением значения  $h_k$  увеличивается время нормальной работы стабилизаторов, а стабилизаторы, находящиеся в створах  $S > 0,29S_1$ , менее подвержены воздействию возмущения в конечном створе.

При возмущении только в начальном створе звена каскада стабилизатор в створе  $S = 0,81S_1$  будет работать в нормальном режиме, если  $\Delta h \geq -0,07h_n$ .

Поэтому для поддержания постоянства водоподачи в этом створе должно соблюдаться условие:

$$-0,07h_n \leq \frac{\gamma_1 g \omega}{B \nu} N_n \alpha_n \left\{ \frac{\beta Bh \nu}{\gamma_1 I x g \omega} + \frac{\nu \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) - \frac{\beta Bh \nu}{\gamma_1 I x g \omega}}{g \left(1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right)} \right\} \cdot \exp \left[ - (t - \tau_1') \frac{\frac{\gamma_1 x \omega}{2 B h \left(1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right)} \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) - 1}{\frac{\nu}{g \beta} + \tau_1 (1 - \mu) - \left(1 + \frac{\mu}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right) \frac{B h \nu}{I x g \omega}} \right] \quad (3)$$

Проведя ряд последовательных преобразований выражения (3), получим время нормальной работы стабилизаторов при возникновении возмущения в начальном створе звена каскада при длинном бьефе

$$t \leq \tau_1' - \ln \left[ \frac{-\frac{0,07h_n B \nu}{\gamma_1 g \omega N_n \alpha_n} - \frac{\beta Bh \nu}{\gamma_1 I x g \omega}}{\frac{\nu \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) - \frac{\beta Bh \nu}{\gamma_1 I x g \omega}}{g \left(1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right)}} \right] \frac{\frac{\nu}{g \beta} + \tau_1 (1 - \mu) - \left(1 + \frac{\mu}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right) \frac{B h \nu}{I x g \omega}}{\frac{\gamma_1 x \omega}{2 B h \left(1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right)} \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) - 1}, \quad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает, что вычитаемое первой части неравенства значительно меньше по величине времени  $\tau_1'$ . Видно так же, что при возмущающем воздействии  $N_n \alpha_n < 0$  величина  $t$  значительно меньше, чем при  $N_n \alpha_n > 0$ . Из выражений (2) и (4) также следует, что наибольшая вероятность аварийных режимов и наименьшего времени  $t$  имеет место в обоих крайних створах звена каскада при отрицательных значениях возмущающих воздействий.

В коротком бьефе условие (4) часто не обеспечивается ввиду наложения прямой и обратной волн. В случае возмущений в начальном и конечном створах длинного бьефа, возникающих одновременно, стабилизаторы расхода воды на водовыпускных сооружениях будут работать в нормальном режиме в течение времени

$$t \leq t_{\min} \quad (5)$$

где  $t_{\min}$  — наименьшее значение времени, рассчитанного по формулам (2) и (4) при возмущающих воздействиях  $\frac{\Delta Q_1}{Q_1}$  и  $\frac{\Delta Q_2}{Q_2}$ .

Таким образом, зависимости (2),(3) и (4) позволяют установить время  $t$ , за которое наполнение на водовыпусках достигнет предельно допустимой величины, и выявить условия нормальной работы стабилизаторов при возмущении  $\frac{\Delta Q_i}{Q_i}$ .

Рассмотрим случай возмущения в конечном створе звена каскада.

Следует помнить, что при резком открытии затвора в створе возмущения в наилучших условиях оказываются водовыпуски, расположенные вблизи этого створа. Поэтому, чтобы сгладить в нем амплитуду колебания желательнее обеспечить равенство времени открытия затвора времени распространения волны.

Принимая  $t = \tau_2'$ , получим для стабилизатора в створе  $S = 0,29S_1$

$$t - \tau_2' \leq \frac{0,18h_\kappa B \left( v - \mu \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right) Q_i}{\gamma_2^2 \beta g \Delta Q_i \omega} - \frac{v \exp\left(-\frac{a+b}{2} \tau_2\right) \left( v - \mu \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)}{\gamma_2 \beta g \left( v - \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)} \quad (6)$$

Решая зависимость (6) относительно  $\Delta Q_i$ , получим

$$\Delta Q_i \leq \frac{0,18h_\kappa B \left( v - \sqrt{\frac{g\omega}{B}} \right)}{\gamma_2 \omega v \exp\left(-\frac{a+b}{2} \tau_2\right)} Q_i \quad (7)$$

Следовательно, для сохранения нормального режима работы стабилизаторов возмущающее воздействие  $\Delta Q_i$  в конечном створе должно соответствовать условию (7). Если по условиям эксплуатации канала получается  $\Delta Q > \Delta Q_i$ , то следует открывать затвор в конечном створе постепенно дискретно через время  $t = \tau_2^1$ .

При возмущении в начальном створе

$$t - \tau_1' \leq \ln \left[ \frac{\frac{0,07h_n B v Q_i}{\gamma_1 g \omega \Delta Q_i} - \frac{\beta B h v}{\gamma_1 I x g \omega}}{v \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) - \frac{\beta B h v}{\gamma_1 I x g \omega}} \right] \frac{\frac{v}{g\beta} + \tau_1(1-\mu) - \left(1 + \frac{\mu}{v} \sqrt{\frac{g\omega}{B}}\right) \frac{B h v}{I x g \omega}}{2Bh \left(1 + \frac{1}{v} \sqrt{\frac{g\omega}{B}}\right) \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) - 1} \quad (8)$$

в случае  $t - \tau_1^1 = 0$  получим

$$-\ln \frac{\frac{-0,07h_n B \nu Q_i}{\gamma_1 g \omega \Delta Q_i} - \frac{\beta B h \nu}{\gamma_1 I x g \omega}}{\nu \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) \frac{\beta B h \nu}{g\left(1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right) \gamma_1 I x g \omega}} \leq 0 \text{ или } \frac{\frac{-0,07h_n B \nu Q_i}{\gamma_1 g \omega \Delta Q_i} - \frac{\beta B h \nu}{\gamma_1 I x g \omega}}{\nu \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right) \frac{\beta B h \nu}{g\left(1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right) \gamma_1 I x g \omega}} \geq 1 \quad (9)$$

После преобразований выражения (9) получим

$$\Delta Q_i \leq - \frac{0,07h_n B \left(1 + \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right)}{\gamma_1 \omega \exp\left(-\tau_1 \frac{a+b}{2}\right)} Q_i \quad (10)$$

Таким образом, при возмущении в начальном створе звена каскада кратковременно изменяемый расход должен соответствовать условию (10).

При возникновении возмущений одновременно в начальном и конечном створах величины возмущающих воздействий нужно поддерживать следующими

$$\Delta Q_1 \leq \frac{0,18h_k B \left(\nu - \sqrt{\frac{g \omega}{B}}\right)}{\gamma_2 \omega \nu \exp\left(-\frac{a+b}{2} \tau_2\right)} Q_1; \quad (11)$$

где  $\frac{\Delta Q_1}{Q_1} = N_k \alpha_k$ ;  $\frac{\Delta Q_2}{Q_2} = N_n \alpha_n$ .

Проведенные исследования позволяют заключить, что при соблюдении условия (11) можно гарантировать нормальный режим работы водовыпускных сооружений, автоматизированных стабилизаторами расходов воды, при установке последних на расстоянии  $0,29S_1 \leq S \leq 0,81S_1$  вдоль звена каскада системы водораспределения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Маковский Э.Э., Волчкова В.В. Автоматизированные автономные системы трансформации неравномерного стока. – Фрунзе: Илим, 1981. –380с.

2. Атаманова О.В. Динамика процессов в системах водораспределения с гидравлическими стабилизаторами расходов воды // Сельское хозяйство Кыргызстана: проблемы и достижения в образовании и научно-исследовательской работе: Сб. науч. тр. – Бишкек: КАА, 1999. –С.43-47.

УДК 681.1:626.824

## ПРОБЛЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ВОДОУЧЕТА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Н.Н. Мирзаев

*САНИИРИ*

*ГИДРОМЕЛИОРАТИВ ТИЗИМЛАРДА СУВ ХИСОБИ ДОИРАСИДА: СТАНДАРТИЗАЦИЯ ВА МЕТРОЛОГИЯ МУАММОЛАРИ*

*Мирзаев Н.Н.*

*Марказий Осиёда сувдан фойдаланишни тартибга солиш мустақил давлатлар иқтисодий ривожига билан боғлиқ бўлиб энг муҳим ва зарур вазифаларидан бири деб ҳисобланган ва ҳисобланади. Бу муаммони ҳал этишда сув ҳисоботинини аниқлиги, сув тақсимлаш устидан қаттиқ назорат ҳамда сув ресурсларини бошқариш, унумдорлиги қатта аҳамиятга эга бўлади (Янги улчов асбобларни ишлаб чиқиш).*

*Сув ҳисоботи соҳасидаги стандартизация ва метрология масалаларига кизиқиш Давлатлараро мувофиқлаштирувчи сув хужалиги Комиссияси (ДМСХК) ташиқил этилганидан кейин қайта тугилди. Мазкур комиссия сув ресурсларини ҳисоблаш, назорат қилиш ва бошқариш усуллари ва техник воситалари учун умумий давлатлараро стандартларни ишлаб чиқишга ёрдам бермокда. Мақолада бу масала буйича САНИИРИда олиб борилаётган ишлар натижалари ва бу соҳадаги муаммолар баён этилган.*

Упорядочение водопользования в среднеазиатском регионе было и остается одной из важнейших и насущных проблем, определяющих развитие экономики суверенных государств. Решение этой проблемы тесно связано с повышением точности и достоверности учета воды, надежности контроля за вододелением и эффективности управления водными ресурсами.

Относительное многообразие методов и средств водоучета неизбежно создает определенные сложности при вододелении на всех уровнях и особенно на межотраслевом и межгосударственном.

Нередки случаи, когда одни и те же стоки различно оцениваются службами Гидрометцентра, Минэнерго, Минрыба и Минсельхоза. В частности оценка стока реки, измеренного на Учкурганской ГЭС, может не совпасть с данными нижерасположенного гидропоста. Еще больше разночтений в показателях узлов межреспубликанского вододеления.

Безусловно, решение этой проблемы, в первую очередь, зависит от объема капитальных вложений, затрачиваемых на реконструкцию старых и строительство новых гидротехнических сооружений, оснащения последних современными средствами водоучета, а также от затрат на эксплуатацию ирригационных систем.

Однако наряду с этим очень важно и нормативное обеспечение методов и технических средств водоучета, контроля и управления. Работа в этом направлении была начата Минводхозом бывшего СССР еще в середине 70-х годов и была посвящена в основном вопросам метрологического обеспечения единства и достоверности водоучета.

Для обеспечения точности и достоверности измерений и во исполнение указаний Госстандарта бывшего СССР и базовой организации метрологической службы ММ и ВХ в дополнение к изданным основополагающим стандартам (ГОСТ 1.25. Государственная система стандартизации. Метрологическое обеспечение. Основные положения, и т. д.), в начале 80-х годов были разработаны отраслевые стандарты, методические указания, инструкции, методические рекомендации, технические условия (ТУ) и другие нормативные акты (в частности, ОСТ 33-31-80. Метрологическое обеспечение. Основные положения, ОСТ 33-30-80. Порядок проведения метрологической аттестации и ведомственной поверки средств измерений отраслевого назначения). Лишь часть из этих документов была утверждена и введена в действие.

В 1987 г. ММиВХ бывшего СССР была разработана “Комплексная программа организации учета воды на оросительных системах...”, включающая предложения по переработке старых и разработке новых нормативных документов, касающихся методов и средств измерений на гидромелиоративных системах, с тем, чтобы они соответствовали международным стандартам. Программа эта не была выполнена из-за ослабления накануне и после развала СССР интереса к вопросам стандартизации и метрологии в водном хозяйстве, хотя актуальность этой проблемы возросла еще в связи со следующими обстоятельствами.

Во второй половине 90-х годов в водном хозяйстве Среднеазиатских республик (особенно в Киргизстане, Казахстане и даже в Ленинабадском вилояте Таджикистане) произошли определенные изменения, вызванные сельскохозяйственными реформами и введением платы за водопользование. Реструктуризация сельского хозяйства привела к образованию громадного количества мелких дехканских и кооперативных хозяйств, что сильно осложнило работу районных водохозяйственных организаций и вызвало необходимость в создании Ассоциаций водопользователей, призванных, в первую очередь, наладить водоучет на границе вновь созданных хозяйств.

Что касается бывших колхозов и совхозов, преобразованных в настоящее время в производственные кооперативы (ПК) и акционерные общества (АО), то у них в связи с внедрением бригадного хозрасчета возникла проблема с налаживанием внутриводохозяйственного водоучета.

Интерес к вопросам стандартизации и метрологии в области водоучета возродился после организации Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (МКВК), при содействии которой стало возможным возобновить работы в этом направлении для снабжения водопользователей и водопотребителей едиными межгосударственными стандартами на методы и технические средства учета, контроля и управления водными ресурсами

В САНИИРИ была разработана “Программа нормативного обеспечения учета и контроля водных ресурсов в Среднеазиатском регионе”. В соответствии с ней была начата работа по пересмотру старых и разработке новых нормативных документов в области водоучета на гидромелиоративных системах. К настоящему моменту подготовлены проекты следующих нормативов:

- Метрологическое обеспечение водоучета. Основные положения.
- Метрологическое обеспечение водоучета. Термины и определения.
- Порядок проведения аттестации и поверки средств измерения на гидромелиоративных системах.
- Методика анализа состояния измерений в управлениях эксплуатации гидромелиоративных систем.
- Методика измерения расхода воды на каналах методом “скорость-площадь”.
- Организация и порядок проведения градуировки средств измерения расхода воды.

Следует отметить, что более успешной работе в этом направлении препятствуют:

- слабая материально техническая база, не позволяющая создание образцовых и других средств измерения;
- очень ограниченный круг квалифицированных специалистов в области метрологии и водоучета;
- невозможность совместной работы с учеными ближнего зарубежья, поскольку их правительства не финансируют эти работы в рамках программы МКВК.

УДК 626.824

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВОДОУЧЕТА

Н.Н. Мирзаев

*САНИИРИ*

*СУВ УЛЧАШ СОХАСИДАГИ АТАМАЛАР ВА УЛАРГА ТАЪРИФЛАР*

*Мирзаев Н.Н.*

*САНИИРИ*

*Макола Урта Осиё худидида сувдан фойдаланишни тартибга келтириши, энг мухим ва энг долзарб масалалардан бири булиб келгани ва булиб қолиши, чунки мустақил давлатларнинг иқтисодий ривожланиши айнан шу муаммога боғлиқлигини ёритиб беради.*

*Бу муаммоларнинг ҳал қилиниши, сув улчаи ишончлилиги ва аниқлилигини ошириши, бу эса уз навбатида сувтақсимотининг назорат ишонччилиги ва сув ресурсларини бошқариши билан узвий боғлиқдир.*

*Сув улчаи восита ва усулларининг хилма-хиллиги барча жабҳаларда, айниқса тармоқлар ва давлатлараро мавқеларда сув тақсимлаида шубҳасиз, муайян муаммолар яратмоқда.*

### 1. Введение

Упорядочение водопользования в Центрально-Азиатском регионе было и остается одной из важнейших и насущных задач, так как от этого зависит развитие экономики суверенных государств. Решение этой проблемы тесно связано с повышением точности и достоверности учета воды, надежности контроля за вододелением и эффективности управления водными ресурсами.

Нередки случаи, когда одни и те же стоки различно оцениваются службами Гидрометцентра, Минэнерго, Минрыба и Минсельводхоза. В частности сток реки, измеренный на Учкурганском ГЭС, может не совпасть с данными ниже расположенного гидропоста. Еще больше разночтений в узлах межреспубликанского вододеления.

Безусловно решение этой проблемы в первую очередь зависит от объема капитальных вложений, затрачиваемых на реконструкцию старых и строительство новых гидротехнических сооружений, оснащения последних современными средствами водоучета, а также от затрат на эксплуатацию ирригационных систем.

Однако наряду с этим очень важно и нормативное обеспечение методов и технических средств водоучета контроля и управления. Работа в этом направлении была на-

чата Минводхозом СССР еще в середине 70-х годов и была посвящена, в основном, вопросам метрологического обеспечения единства и достоверности водоучета.

Для обеспечения точности и достоверности измерений и во исполнение указаний Госстандарта СССР в дополнение к изданным основополагающим стандартам в начале 80-х годов были разработаны отраслевые стандарты, методические указания, инструкции, методические рекомендации, технические условия (ТУ) и другие нормативные акты. Однако лишь часть из этих документов была утверждена и введена в действие.

В 1987 году Министерством сельского и водного хозяйства (ММ и ВХ) СССР была разработана «Комплексная программа организации учета воды на оросительных системах...», включающая предложения по переработке старых и разработке новых нормативных документов, касающихся методов и средств измерений на гидромелиоративных системах, с тем, чтобы они соответствовали международным стандартам. Программа эта не была выполнена в связи с тем, что накануне и после развала СССР интерес к вопросам стандартизации и метрологии в водном хозяйстве существенно ослаб, хотя актуальность этой проблемы возросла в связи с реструктуризацией сельского хозяйства и введением платного водопользования в Центральном Азиатском регионе (ЦАР).

Реструктуризация сельского хозяйства привела к образованию громадного количества мелких дехканских и кооперативных хозяйств, что сильно осложнило работу районных водохозяйственных организаций, и вызвала необходимость в создании Ассоциаций водопользователей, призванных в первую очередь наладить водоучет на границе вновь созданных хозяйств.

Что касается бывших колхозов и совхозов, преобразованных в настоящее время в производственные кооперативы (ПК) и Акционерные общества (АО), то там, в связи с внедрением бригадного хозрасчета, возникла проблема с налаживанием внутриводопользовательского водоучета.

Интерес к вопросам стандартизации и метрологии в области водоучета возродился после организации Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии (МКВК), при содействии которой стало возможным возобновить работы в этом направлении. В САНИИРИ была начата работа по пересмотру старых и разработке новых нормативных документов в области водоучета на гидромелиоративных системах. Ниже приведен один из этих документов, посвященный терминам и определениям в области водоучета.

## 2. Термины и определения

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
<i>Общие понятия</i>	
1.1. Измерение	Нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств
1.2. Средство измерений	Техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, используемое при измерениях
1.3. Класс точности	Обобщенная характеристика средств измерения, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений,



ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
	влияющих на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений. Класс точности характеризует свойство средств измерений в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности конкретного измерения
1.4. Гидротехническое сооружение	Сооружение для использования водных ресурсов, а также для борьбы с вредным воздействием вод
1.5. Гидрометрия	Наука, рассматривающая методы наблюдений за режимом водных объектов, применяемые при этом сооружения, устройства и приборы, а также способы обработки результатов наблюдений
1.6. Водовод	Гидротехническое сооружение для подвода и отвода воды в заданном направлении
1.7. Водоток	Водный объект, характеризующий движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности
1.8. Русло	Ложе водотока, по которому происходит движение воды
1.9. Подпор	Подъем уровня воды, возникающий вследствие преграждения или стеснения русла водотока или изменения условий стока подземных вод
1.10. Поток	Масса воды, движущейся в русле
1.11. Водное сечение	Поперечное сечение водного потока
1.12. Живое сечение	Часть водного сечения, в которой наблюдается течение
1.13. Изотаха	Геометрическое место точек данного плоского живого сечения, в которых скорости имеют одинаковую величину
1.14. Закрытые русла	Русла, контур поперечных сечений которых образован замкнутой линией
1.15. Открытые русла	Русла, контур поперечного сечения которых образован незамкнутой линией
1.16. Расход	Объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени
1.17. Гидрометрический створ	Створ через водоток, в котором измеряются расходы воды

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
1.18. Вертикаль	Элементарные отсеки (сегменты) живого сечения потока воды, используемые при вычислении расхода воды
1.19. Уровень	Высота поверхности воды в водном объекте над условной горизонтальной плоскостью сравнения
1.20. Напор	Давление воды, выражаемое высотой водяного столба над рассматриваемым уровнем
1.21. Сток	Количество воды, протекающее через сечение водотока за какой либо интервал времени
1.22. Местная скорость	Среднее по времени значение скорости в данной точке потока
1.23. Средняя скорость	Отношение объемного расхода к площади поперечного сечения потока или результат интегрирования поля местных скоростей по площади поперечного сечения
1.24. Профиль	Линия пересечения поверхности объекта с плоскостью или заданной поверхностью
1.25. Эюра	Чертеж, на котором пространственная фигура изображена методом ортогональных проекций, т.е. комплексный чертеж
1.26. Эюра скоростей	Графическое изображение векторов местных скоростей частиц воды на различной глубине вертикали
<u>2. Режим движения потока воды</u>	
2.1. Водный режим	Изменение во времени уровней, расходов и объемов воды в водных объектах
2.2. Турбулентный режим	Движение воды, при котором частицы воды в пространстве перемещаются по случайным траекториям
2.3. Турбулентный поток	Поток, имеющий место при турбулентном режиме
2.4. Пульсация скорости	Явление изменения (уменьшения или увеличения) во времени величины проекции актуальной скорости на какое либо направление в данной неподвижной точке пространства, занятого турбулентным потоком
2.5. Ламинарный режим	Движение (течение) воды, при котором частицы жидкости перемещаются по траекториям, направленным вдоль общего течения, без поперечного перемешивания, причем пульсация скорости и давления отсутствует

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
2.6. Напорное движение	Движение воды, при котором поток воды со всех боковых сторон окружен твердыми стенками (не имеет свободной поверхности)
2.7. Равномерное (параллельно-струйное) движение	Движение (течение) воды, при котором площадь живого сечения, а также форма и размеры эпюры скоростей являются в данный момент времени неизменными вдоль потока
2.8. Неравномерное движение	Движение (течение) воды, когда эпюры скоростей являются разными (в данный момент времени) для различных живых сечений потока, при этом средняя скорость потока и площадь живого сечения могут быть переменными или постоянными вдоль потока (для данного момента времени)
2.9. Установившееся (стационарное) движение	Движение воды, при котором каждая неподвижная точка пространства, занятого движущейся водой, характеризуется определенной скоростью течения, неизменной во времени по величине и направлению
2.10. Неустановившееся (нестационарное) движение	Движение воды, при котором в каждой неподвижной точке пространства, занятого движущейся водой, скорость движения ее частиц изменяется с течением времени по времени и (или) по направлению
2.11. Стационарное поле скоростей	Поле, среднее по времени, значения параметров которого не зависят от времени, но зависят от разности моментов времени
2.12. Равномерное поле скоростей	Поле, среднее по пространству, значения параметров которого не зависят от координат в направлении вектора средней скорости, но зависят от вектора разности координат
2.13. Безнапорный поток	Поток, имеющий место при безнапорном движении воды
2.14. Напорный поток	Поток, имеющий место при напорном движении воды
2.15. Сжатие потока	Уменьшение параметров живого сечения потока, что влечет увеличение скорости потока
2.16. Динамическая ось потока	Линия, проведенная на плане безнапорного потока так, что каждой точке ее отвечает максимальная (для живого сечения, относящегося к рассматриваемой точке) величина расхода в точке плана
2.17. Кривая спада потока	Кривая свободной поверхности потока, глубина которого уменьшается по течению

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
2.18. Кривая расходов	Кривая связи между расходами и уровнями воды для данного сечения водотока
2.19. Мертвое пространство	Часть водного сечения, в которой не наблюдается течение воды
2.20. Размыв русла	Деформация русла в результате насыщения воды частицами грунта
2.21. Число Фруда	Критерий течения жидкости, определяющий границы спокойного и бурного течения
<i><u>3. Гидротехнические сооружения</u></i>	
3.1. Бьеф	Часть водотока, примыкающая к водоподпорному сооружению
3.2. Верхний бьеф	Бьеф с верховой стороны водоподпорного сооружения
3.3. Нижний бьеф	Бьеф с низовой стороны водоподпорного сооружения
3.4. Канал	Искусственный открытый водовод в земляной выемке или насыпи
3.5. Насосная станция	Комплекс гидротехнических сооружений и оборудования для подъема воды насосами
3.6. Прямолинейный участок	Участок водовода, ось которого прямолинейна, а площадь и форма поперечного сечения постоянны, на этом участке водовода отсутствуют устройства, искажающие равномерное распределение скоростей или вызывающие закручивание потока
3.7. Трубопровод	Водовод из труб
3.8. Безнапорный трубопровод	Трубопровод, в котором осуществляется безнапорное движение воды, при котором поток ограничен сверху свободной поверхностью, давление на которое одинаково
3.9. Напорный трубопровод	Трубопровод, в котором осуществляется напорное движение воды, при котором вода заполняет все сечения трубопровода и свободная поверхность отсутствует
<i><u>4. Водоизмерительные средства</u></i>	
4.1. Гидрометрическая вертушка	Прибор для измерения местной скорости течения воды в водотоках, отличительной особенностью которого является использование ротора или лопастного винта в качестве чувствительного элемента
4.2. Вращающаяся перекладина	Группа гидрометрических вертушек, закрепленных на перекладине, которая может поворачиваться или равномерно

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
	вращаться в трубопроводе относительно его осевой линии
4.3. Трубка Пито	Изогнутая трубка с отверстиями для отбора полного и статического давления. Разность давлений в отверстиях, измеренная дифференциальным манометром, есть функция местной скорости потока
4.4. Гидрометрический пост (гидропост)	Пункт, на водном объекте, оборудованный устройствами и приборами для проведения систематических гидрометрических наблюдений
4.5. Гидрометрическая сеть	Совокупность гидрометрических постов, размещенных на какой либо территории
4.6. Датчик расхода	Средство измерения, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения, но не подлежащее к непосредственному восприятию наблюдателем
4.7. Диапазоны изменения точно измеряемых расходов	Параметр, определяемый отношением максимального предела измерения прибора к минимальному пределу
4.8. Поплавок	Средство измерения скорости воды, выполненное в виде шариков из дерева, пластмассы и т.д. с плотностью меньше плотности воды
4.9. Расходомер	Измерительный прибор или совокупность приборов, предназначенных для измерения расхода воды
4.10. Ультразвуковой расходомер	Акустический расходомер, в котором используются звуковые колебания частотой свыше $2 \cdot 10^4$ гц
4.11. Парциальный расходомер	Расходомер, принцип действия которого основан на измерении расхода определенной доли воды, ответвляемого от основного потока
4.12. Сужающее устройство расходомера	Преобразователь расхода воды, в котором в результате сужения сечения потока воды образуется перепад давления, зависящий от расхода
4.13. Расходомер с сужающим устройством	Расходомер переменного перепада давления, принцип действия которого основан на зависимости перепада давления, образующегося в сужающем устройстве в результате частичного перехода потенциальной энергии потока в кинетическую энергию, зависящих от расхода воды

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
4.14. Расходомер переменного перепада давления	Расходомер, принцип действия которого основан на зависимости перепада давления, создаваемого неподвижным устройством, устанавливаемым в трубопроводе, или элементом трубопровода, от расхода воды
4.15. Гидрометрическая рейка	Мера длины в виде планки с нанесенными делениями, предназначенная для наблюдения за уровнем воды
4.16. Нуль графика гидропоста	Условная горизонтальная плоскость сравнения, принимаемая за нуль отсчета при измерении уровня воды на гидропосту
4.17. Самописец уровня	Измерительный прибор, предназначенный для измерения уровня воды
4.18. Скользящая штанга	Группа гидрометрических вертушек, закрепленных на штанге перпендикулярном к оси потока прямоугольного сечения
4.19. Стационарная батарея	Группа гидрометрических вертушек, установленных в трубопроводе для одновременного измерения местных скоростей в заданном числе точек поперечного сечения потока
4.20. Счетчик	Измерительный прибор, предназначенный для измерения объема воды, протекающей в трубопроводе через сечение, перпендикулярное к направлению скорости потока
4.21. Напорная трубка	Напорное устройство в виде трубки, имеющей две полости, из которых одна воспринимает полное, а другая только статическое давление потока
4.22. Трубка Вентури	Расходомерная трубка, имеющая входной цилиндрический участок, переходящий в сходящуюся коническую часть, цилиндрическое горло и длинный диффузор
4.23. Уровнемер	Прибор или установка для измерения уровня воды
4.24. Гидрометрическая штанга	Средство для измерения глубины в водотоках и водоемах и установки измерительных преобразователей скорости потока в заданной точке сечения водного потока
<i><u>5. Водомерные сооружения и устройства</u></i>	
5.1. Водомерное сооружение (устройство)	Конструкция, расположенная в нижнем бьефе регулирующих сооружений, на транзитных участках каналов, на трубопроводах и т.д. и предназначенная для учета расходов воды
5.2. Водомеры-автоматы расходов (ав-	Специальные конструкции сооружений для головных водозаборов, водовыпусков и отводов с автоматическим оборудо-

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
торегуляторы)	дованием, обеспечивающим регулирование пропуски заданных постоянных расходов воды
5.3. Водомеры-регуляторы	Регулирующие гидротехнические сооружения, в состав конструкции которых входят водомерные устройства, соответствующие первичные водоучитывающие приборы (датчики) и регулирующие оборудования, позволяющие при необходимости осуществлять на них автоматизацию и телемеханизацию учета и регулирование воды
5.4. Пропорциональный вододелитель	Специальное сооружение (устройство), которое при известном общем расходе воды, подходящей к нему, делит этот расход в соответствующей или заданной пропорции по отводам
5.5. Водослив	Водомерное устройство, представляющее собой перегораживающее русло стенку с вырезом определенной формы для истечения воды
5.6. Водосливное отверстие	Безнапорное отверстие (вырез, сделанный в гребне стенки), через которое происходит истечение воды
5.7. Неподтопленный водослив	Водослив, когда расход и напор, относящийся к нему, не зависят от глубины воды в нижнем бьефе
5.8. Подтопленный водослив	Водослив, когда расход и напор, относящиеся к нему, зависят от глубины воды в нижнем бьефе
5.9. Водослив с тонкой стенкой	Водослив, получающийся когда струя воды, переливающаяся через водосливную стенку формируется под действием только верховой грани этой стенки, остальные грани стенки (низовая и ограничивающая стенку сверху) не влияют на картину истечения
5.10. Гидрометрический лоток	Водомерное устройство, представляющее собой направленный вдоль оси потока открытый желоб
5.11. Насадок	Весьма короткая напорная (по всей своей длине) труба, при гидравлическом расчете которой можно пренебрегать потерями напора по длине (необходимо учитывать только местные потери напора)
5.12. Приставка	Специальное водомерное устройство, применяемое на входной части регулирующих гидротехнических сооружений и предназначенное для создания перепада уровней между верхним и нижним бьефами

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
5.13. Порог	Специальная водонапорная конструкция сооружения на бетонированном участке нижнего бьефа, служащая для водоучета
<i><u>6. Вспомогательные устройства для водоучета и управления потоком воды</u></i>	
6.1. Вспомогательное устройство	Конструкция, способствующая повышению точности измерения воды
6.2. Затвор гидросооружения	Подвижная конструкция, предназначенная для закрывания и открывания отверстий гидротехнического сооружения и регулирования пропускаемого расхода воды
6.3. Уровномерный колодец	Специальная конструкция, предназначенная для наблюдений за уровнем воды в канале
6.4. Береговой колодец	Колодец, расположенный на берегу канала и соединенный с каналом открытой траншеей
6.5. Уровномерный выносной колодец	Колодец, расположенный в удалении от берега в связи с повышенной мутностью воды
6.6. Оборудование гидротехнических сооружений	Совокупность конструкций и механизмов для управления потоками воды, сброса сора и льда, и т.д.
<i><u>7. Основные показатели, используемые при водоучете</u></i>	
7.1. Глубина потока	Вертикальное расстояние от свободной поверхности потока до его дна в данном живом сечении
7.2. Градуировочные коэффициенты	Параметры градуировочного уравнения средств измерений
7.3. Коэффициент истечения	Параметр, учитывающий влияние на поток трения и соотношение размеров сужающего устройства: водослива или измерительного лотка
7.4. Коэффициент скорости подхода	Параметр, зависящий от скорости подхода воды к сужающему устройству, типа сужающего устройства и относительных размеров подводящего канала
7.5. Коэффициент расхода отверстия или насадка	Безразмерный коэффициент, входящий в формулу для расхода, получающегося в случае истечения воды из отверстия в тонкой стенке или из насадка
7.6. Коэффициент шероховатости	Определяемое на основе опытов именованное (размерное) число, характеризующее степень шероховатости стенок русла



ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
7.7. Гидравлический уклон (гидравлический коэффициент)	Падение полного напора, приходящееся на единицу длины, отмеренную вдоль линии дна безнапорного потока
7.8. Уклон дна русла	Синус угла наклона к горизонту линии дна безнапорного потока
7.9. Уклон свободной поверхности потока	Синус угла наклона к горизонту линии свободной поверхности потока
7.10. Перепад	Превышение уровня воды в верхнем бьефе над уровнем воды в нижнем бьефе
7.11. Пьезометрический напор	Удельная энергия давления, равная пьезометрической высоте, отвечающей точке, в которой намечена рассматриваемая единица веса воды
7.12. Пропускная способность	Параметр, определяющий количество воды, которое способно пропустить гидротехническое сооружение через себя за единицу времени
7.13. Смоченный периметр	Длина линии соприкосновения воды с твердыми стенками в данном живом сечении
7.14. Уровень турбулентности	Отношение среднего квадратического значения продольной составляющей пульсационной скорости к средней скорости потока
7.15. Средний расход	Расход воды, выражаемый отношением объема воды, протекающий через живое сечение русла, к конечному интервалу времени
7.16. Скорость на вертикале	Скорость, рассчитанная путем осреднения местных скоростей потока воды, определенных на различной глубине вертикали
7.17. Относительная скорость	Отношение местных скоростей в измеряемой и контрольных точках потока или отношение местной скорости в измеряемой точке к средней скорости потока

*Алфавитный указатель терминов*

Батарея стационарная	4.19.
Бьеф	3.1.
Бьеф верхний	3.2.
Бьеф нижний	3.3.
Вертикаль	1.18.
Вертушка гидрометрическая	4.1.
Водовод	1.6.

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
Вододелитель пропорциональный	5.4.
Водомеры автоматы расходов (авторегуляторы)	5.2.
Водомеры регуляторы	5.3.
Водослив	5.5.
Водослив неподтопленный	5.7.
Водослив подтопленный	5.8.
Водослив с тонкой стенкой	5.9.
Водоток	1.7.
Глубина потока	7.1.
Гидрометрия	1.5.
Гидротехническое сооружение	1.4.
Датчик расхода	4.6.
Диапазон изменения точно измеряемых расходов воды	4.7.
Движение напорное	2.6.
Движение неравномерное	2.8.
Движение неустановившееся (нестационарное)	2.10.
Движение равномерное (параллельно-струйное)	2.7.
Движение установившееся (стационарное)	2.9.
Затвор гидросооружения	6.2.
Измерение	1.1.
Изотаха	1.13.
Канал	3.4.
Класс точности	1.3.
Колодец береговой	6.4.
Колодец ровнемерный	6.3.
Колодец ровнемерный выносной	6.5.
Коэффициент истечения	7.3.
Коэффициент расхода отверстия или насадка	7.5.
Коэффициент скорости подхода	7.4.
Коэффициенты градуировочные	7.2.
Коэффициент шероховатости	7.6.
Лоток гидрометрический	5.10.
Напор	1.20.
Напор пьезометрический	7.11.
Насадок	5.11.
Нуль графика гидропоста	4.16.
Оборудование гидротехнических сооружений	6.6.
Отверстие водосливное	5.6.
Относительная скорость	7.17.
Перекаладина вращающаяся	4.2.
Перепад	7.10.
Периметр смоченный	7.13.
Пито трубка	4.3.
Подпор	1.9.
Поле скоростей равномерное	2.12.
Поплавок	4.8.
Порог	5.13.
Поток	1.10.

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
Потока кривая спада	2.17.
Потока ось динамическая	2.16.
Потока сжатие	2.15.
Поток безнапорный	2.13.
Поток напорный	2.14.
Поток турбулентный	2.3.
Поле скоростей стационарное	2.11.
Приставка	5.12.
Пост гидрометрический (гидропост)	4.4.
Пространство мертвое	2.19.
Профиль	1.24.
Пульсация скорости	2.4.
Расход	1.16.
Расходов кривая	2.18.
Расходомер	4.9.
Расходомер парциальный	4.11.
Расходомер переменного перепада давления	4.14.
Расходомер с сужающим устройством	4.13.
Расходомер ультразвуковой	4.10.
Расход средний	7.15.
Режим водный	2.1.
Режим ламинарный	2.5.
Режим турбулентный	2.2.
Рейка гидрометрическая	4.15.
Русла закрытые	1.14.
Русла открытые	1.15.
Русла размыв	2.20.
Русло	1.8.
Самописец уровня	4.17.
Сечение водное	1.11.
Сечение живое	1.12.
Сеть гидрометрическая	4.5.
Скорость на вертикале	7.16.
Скорость местная	1.22.
Скорость средняя	1.23.
Сооружение (устройство) водомерное	5.1.
Способность пропускная	7.12.
Средство измерений	1.2.
Станция насосная	3.5.
Створ гидрометрический	1.17.
Сток	1.21.
Счетчик	4.20.
Трубка Вентури	4.22.
Трубка напорная	4.21.
Трубопровод	3.7.
Трубопровод безнапорный	3.8.
Трубопровод напорный	3.9.
Уклон гидравлический	7.7.

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
Уклон русла	7.8.
Уклон свободной поверхности потока	7.9.
Уровень	1.19.
Уровень турбулентности	7.14.
Уровнемер	4.23.
Устройство вспомогательное	6.1.
Устройство сужающее	4.12.
Участок прямолинейный	3.6.
Фруда число	2.21.
Штанга гидрометрическая	4.24.
Штанга скользящая	4.18.
Эпюра	1.25.
Эпюра скоростей	1.26.

## СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

### Общие понятия

- 1.1. Измерение
- 1.2. Средство измерений
- 1.3. Класс точности
- 1.4. Гидротехническое сооружение
- 1.5. Гидрометрия
- 1.6. Водовод
- 1.7. Водоток
- 1.8. Русло
- 1.9. Подпор
- 1.10. Поток
- 1.11. Водное сечение
- 1.12. Живое сечение
- 1.13. Изотаха
- 1.14. Закрытые русла
- 1.15. Открытые русла
- 1.16. Расход
- 1.17. Гидрометрический створ
- 1.18. Вертикаль
- 1.19. Уровень
- 1.20. Напор
- 1.21. Сток
- 1.22. Местная скорость
- 1.23. Средняя скорость
- 1.24. Профиль
- 1.25. Эпюра
- 1.26. Эпюра скоростей

### 2. Режим движения потока воды

- 2.1. Водный режим

---

## СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

- 2.2. Турбулентный режим
- 2.3. Турбулентный поток
- 2.4. Пульсация скорости
- 2.5. Ламинарный режим
- 2.6. Напорное движение
- 2.7. Равномерное (параллельно-струйное) движение
- 2.8. Неравномерное движение
- 2.9. Установившееся (стационарное) движение
- 2.10. Неустановившееся (нестационарное) движение
- 2.11. Стационарное поле скоростей
- 2.12. Равномерное поле скоростей
- 2.13. Безнапорный поток
- 2.14. Напорный поток
- 2.15. Сжатие потока
- 2.16. Динамическая ось потока
- 2.17. Кривая спада потока
- 2.18. Кривая расходов
- 2.19. Мертвое пространство
- 2.20. Размыв русла
- 2.21. Число Фруда

### 3. Гидротехнические сооружения

- 3.1. Бьеф
- 3.2. Верхний бьеф
- 3.3. Нижний бьеф
- 3.4. Канал
- 3.5. Насосная станция
- 3.6. Прямолинейный участок
- 3.7. Трубопровод
- 3.8. Безнапорный трубопровод
- 3.9. Напорный трубопровод

### 4. Водоизмерительные средства

- 4.1. Гидрометрическая вертушка
- 4.2. Вращающаяся перекладина
- 4.3. Трубка Пито
- 4.4. Гидрометрический пост (гидропост)
- 4.5. Гидрометрическая сеть
- 4.6. Датчик расхода
- 4.7. Диапазоны изменения точно измеряемых расходов
- 4.8. Поплавок
- 4.9. Расходомер
- 4.10. Ультразвуковой расходомер
- 4.11. Парциальный расходомер
- 4.12. Сужающее устройство расходомера
- 4.13. Расходомер с сужающим устройством

## СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

- 4.14. Расходомер переменного перепада давления
- 4.15. Гидрометрическая рейка
- 4.16. Нуль графика гидропоста
- 4.17. Самописец уровня
- 4.18. Скользящая штанга
- 4.19. Стационарная батарея
- 4.20. Счетчик
- 4.21. Напорная трубка
- 4.22. Трубка Вентури
- 4.23. Уровнемер
- 4.24. Гидрометрическая штанга

### 5. Водомерные сооружения и устройства

- 5.1. Водомерное сооружение (устройство)
- 5.2. Водомеры-автоматы расходов (авторегуляторы)
- 5.3. Водомеры-регуляторы
- 5.4. Пропорциональный вододелитель
- 5.5. Водослив
- 5.6. Водосливное отверстие
- 5.7. Неподтопленный водослив
- 5.8. Подтопленный водослив
- 5.9. Водослив с тонкой стенкой
- 5.10. Гидрометрический лоток
- 5.11. Насадок
- 5.12. Приставка
- 5.13. Порог

### 6. Вспомогательные устройства для водоучета и управления потоком воды

- 6.1. Вспомогательное устройство
- 6.2. Затвор гидросооружения
- 6.3. Уровнемерный колодец
- 6.4. Береговой колодец
- 6.5. Уровнемерный выносной колодец
- 6.6. Оборудование гидротехнических сооружений

### 7. Основные показатели, используемые при водоучете

- 7.1. Глубина потока
- 7.2. Градуировочные коэффициенты
- 7.3. Коэффициент истечения
- 7.4. Коэффициент ско роста подхода
- 7.5. Коэффициент расхода отверстия или насадка
- 7.6. Коэффициент шероховатости
- 7.7. Гидравлический уклон (гидравлический коэффициент)
- 7.8. Уклон дна русла
- 7.9. Уклон свободной поверхности потока

---

## СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

- 7.10. Перепад
- 7.11. Пьезометрический напор
- 7.12. Пропускная способность
- 7.13. Смоченный периметр
- 7.14. Уровень турбулентности
- 7.15. Средний расход
- 7.16. Скорость на вертикале
- 7.17. Относительная скорость

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. ГОСТ 17.1.1.01-77. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
2. ГОСТ 16263-70. ГСИ. Метрология. Термины и определения.
3. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения.
4. ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия.
5. ГОСТ 26967-86 (СТ СЭВ 5183-85). Гидромелиорация. Термины и определения.
6. Основные термины в области метрологии. Словарь-справочник. Изд-во стандартов, М., 1989.
7. Толковый словарь по метрологии, измерительной технике и управлению качеством. Основные термины. Изд-во "Русский язык", М., 1990.
8. Чугаев Р.Р. Гидравлические термины. "Высшая школа", М., 1974.

## СОДЕРЖАНИЕ

КРИТЕРИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ И НАЦИОНАЛЬНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ Ш.Х. Рахимов, И. Бегимов .....	3
ОБ ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И УЧЕТА ВОДЫ ФЕРМЕРСКИМ ХОЗЯЙСТВАМ Ю.Ш. Гасанов .....	12
СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН Ш.Х. Рахимов, Н. Гаипназаров .....	16
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ПРИМЕРЕ НИЗОВЬЕВ АМУДАРЬИ М.Х. Хамидов .....	20
РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОТИВОПАВОДКОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА РЕКЕ АМУДАРЬИ Х.А. Исмагилов .....	26
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН О.Я. Гловацкий .....	32
ВКЛАД САНИИРИ В РАЗВИТИЕ МАШИННОГО ОРОШЕНИЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ И СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИЮ О.Я. Гловацкий .....	37
РАЗВИТИЕ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В ЦЕЛЯХ ПОКРЫТИЯ ДЕФИЦИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ Х.И. Якубов, В.А. Скрыльников .....	42
НОВЫЙ МЕТОД ГРАДУИРОВКИ ВОДОПРОВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ НА КРУПНЫХ КАНАЛАХ ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В.А.Скрыльников .....	46
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ В.А. Скрыльников .....	56
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЕКТНЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ КРИВЫХ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ВОДОХРАНИЛИЩА ОТ НАПОЛНЕНИЯ ПЕРЕД ПЛОТИНОЙ В.А. Скрыльников, Л. Абдураупов .....	67
РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУДАРЬИ О.А. Каюмов, А.Г. Сорокин .....	75



---

ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА Р. СЫРДАРЬИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ РЕЖИМА РАБОТЫ ТОКТОГУЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА О.А. Каюмов, М.Р. Икрамова, А.К. Ходжиев.....	80
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕСПУБЛИКИ А.В. Бочарин.....	84
СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИРРИГАЦИОННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ А.В. Бочарин.....	88
МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ, БАЗА ДАННЫХ И ПРОГРАММНЫЕ МОДУЛИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАССЕЙНАХ РЕК И. Бегимов.....	93
К ВОПРОСУ ДИНАМИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОД В ДЕЛЬТУ АМУДАРЬИ Ф.Х. Хикматов, И.Б. Рузиев, Г.Х. Юнусов .....	102
ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ УЗБЕКИСТАНА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ Э.Ж. Махмудов, С.М. Каримов.....	106
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РАСХОДОМЕР - СЧЕТЧИК ВОДЫ ДЛЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ У.Р. Расулов .....	107
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И УСЛОВИЙ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРОВ РАСХОДОВ ВОДЫ ПРИ НАЛИЧИИ ВОЗМУЩЕНИЙ В КАНАЛЕ СИСТЕМЫ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ О.В. Атаманова.....	114
ПРОБЛЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ВОДОУЧЕТА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ Н.Н. Мирзаев .....	119
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВОДОУЧЕТА Н.Н. Мирзаев .....	121

Редактор

Компьютерная верстка **Беглов И.Ф.**

---

---

Подписано в печать  
Тираж 100 экз.

Формат 80 x 64 1/16  
Объем печ. л.

---

---

Сверстано и отпечатано в Научно-информационном центре МКВК  
г. Ташкент, м-в Карасу-4, 11