

Мирзаев Н., Техника фанлари номзод.

Мутахассис.

МО ДСХМК Илмий-ахборот маркази.

Ўзбекистон, Тошкент

Ишанов Ж. Х., PhD. Мутахассис .

МО ДСХМК Илмий-ахборот маркази.

Ўзбекистон, Тошкент

ИРРИГАЦИЯ ИНФРАТУЗИЛМАСИНИ МОДЕРНИЗАЦИЯ ҚИЛИШ: АҲАМИЯТИ, МУАММОЛАРИ ВА ЧОРА-ТАДБИРЛАРИ

***Аннотация.** Сув ресурсларини бошқариш жараёнида ирригация инфратузилмаси табиий равишда ескириб, замонавий талабларга жавоб бермай қола бошлайди ўзининг техник хусусиятларини йўқотади, натижада эса минтақанинг сув, озиқ-овқат ва экологик хавфсизлик даражаси пасаяди.*

Марказий Осиё давлатлари сув хўжалиги инфратузилмасининг янада деградацияси давом этса, кенг кўламли ижтимоий тартибсизликлар ва эҳтимолий можароли вазиятлар юзага келиши мумкин.

Шу боис сув иншоотларини қайта қуриш ва уларни модернизация қилиш талаб этилади. Бу ерда “модернизация” атамаси тор маънода қўлланиб, асосан таклифни бошқаришга йўналтирилган ҳамда техник қатъий чоралар билан амалга ошириладиган инфратузилмани янгилаш сифатида тушунилади.

***Калит сўзлар:** модернизация, реконструкция, инфратузилма, чора-тадбирлар, сув олиш иншооти, магистрал канал, тақсимловчи канал,*

гидротехник ишиот, насос станцияси/қурилмаси, илюз-регулятор, кўндаланг регулятор, тўсувчи ишиот, аккумуляция, ташиш (транспортировка), сув олиш, қоплама (облицовка).

**Мирзаев Назыр Назарович, кандидат
технических наук, специалист.**

**Научно-информационный центр МКВК ЦА.
Узбекистан, Ташкент**

**Ишанов Жавлон Хамидуллаевич, PhD,
специалист.**

**Научно-информационный центр МКВК ЦА.
Узбекистан, Ташкент**

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИРРИГАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: ЗНАЧЕНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, МЕРЫ

Аннотация. В процессе управления водными ресурсами ирригационная инфраструктура подвергается естественному износу и перестает соответствовать современным требованиям - утрачивает свои технические характеристики, следствием чего является снижение уровня водной, продовольственной и экологической безопасности региона.

Страны Центральной Азии, при дальнейшей деградации водохозяйственной инфраструктуры, могут столкнуться с крупномасштабными социальными волнениями и, возможно, конфликтными ситуациями.

В связи с этим требуется переустройство водных объектов, предусматривающее их модернизацию. Здесь термин модернизация понимается в узком смысле как модернизация инфраструктуры, направленная, главным образом, на управление предложением и

осуществляемая техническими твердыми мерами.

Ключевые слова. *Модернизация, реконструкция, инфраструктура, меры, водозаборное сооружение; магистральный канал; распределительный канал; гидротехническое сооружение; насосная станция/установка, шлюз-регулятор, поперечный регулятор, перегораживающее сооружение аккумулярование, транспортировка, водозабор, облицовка.*

Mirzaev Nazir Nazarovich, Candidate of Technical Sciences. Specialist.

Scientific Information Center ICWC Central Asia. Uzbekistan, Tashkent

Ishanov Zhavlon Khamidullaevich, PhD. Specialist. Scientific Information Center ICWC Central Asia Uzbekistan, Tashkent

MODERNIZATION OF IRRIGATION INFRASTRUCTURE: VALUE, PROBLEMS, MEASURES

Abstract. *In the process of water resource management, irrigation infrastructure is subject to natural wear and tear and ceases to meet modern requirements - it loses its technical characteristics, resulting in a decrease in the level of water, food, and environmental security of the region.*

The countries of Central Asia, with the further degradation of water management infrastructure, may face large-scale social unrest and, possibly, conflict situations.

In this regard, it is necessary to reorganize water bodies, providing for their modernization. Here, the term modernization is understood in a narrow sense as infrastructure modernization aimed mainly at supply management and carried out by technical rigid measures.

Keywords. *Modernization, reconstruction, infrastructure, measures, water intake structure; main canal; distribution canal; hydraulic structure; pumping station/installation, gateway-regulator, transverse regulator, barrier structure accumulation, transportation, water intake, facing.*

Введение

В процессе управления водными ресурсами (УВР) ирригационная инфраструктура подвергается естественному износу и перестает соответствовать современным требованиям - утрачивает свои технические характеристики.

Неудовлетворительное техническое состояние ирригационной инфраструктуры снижает качество услуг по обслуживанию и содержанию ирригационных систем - как государственными водохозяйственными организациями (ВХО), так и объединениями/организациями водопользователей (ОВП) на локальном уровне.

Большая часть ирригационной инфраструктуры в Центральной Азии (ЦА), включая Узбекистан, находится в неудовлетворительном состоянии [1]. Разумный расчетный срок службы некоторых объектов инфраструктуры подходит к концу (например, главные насосы и бетонные лотки) или состояние инфраструктуры настолько плохое, что их эксплуатационные характеристики ограничены из-за отсутствия достаточного бюджета на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Высокий износ основных фондов водного хозяйства стран ЦА составляет 70–80%; средний возраст ирригационной межхозяйственной и внутрихозяйственной инфраструктуры достигает 50 лет, а крупные магистральные каналы еще старше. При дальнейшей деградации водохозяйственной инфраструктуры (реальное состояние инфраструктуры меняется со временем вследствие различных явлений, типа эрозии,

заиления и коррозии) страны ЦА могут столкнуться с крупномасштабными социальными волнениями и, возможно, конфликтными ситуациями.

Для сокращения социальных трений, вызванных деградацией/изношенностью инфраструктуры и, как следствие, бедностью населения требуется переустройство водохозяйственной инфраструктуры, предусматривающее ее модернизацию.

Цель статьи систематизировать меры по модернизации некоторых ключевых элементов водохозяйственной инфраструктуры, отразив плюсы и минусы от их применения.

Методы исследования

В статье использованы методы 1) анализа пробелов и 2) сравнения объектов исследования для выявления достоинств и недостатков мер по модернизации водохозяйственной инфраструктуры.

Меры модернизации ирригационной инфраструктуры:

требования, результаты

Ирригационная инфраструктура¹ (рисунок) [2] служит для распределения воды во времени и пространстве². Ниже рассмотрены вопросы модернизации некоторых из вышеперечисленных элементов инфраструктуры.

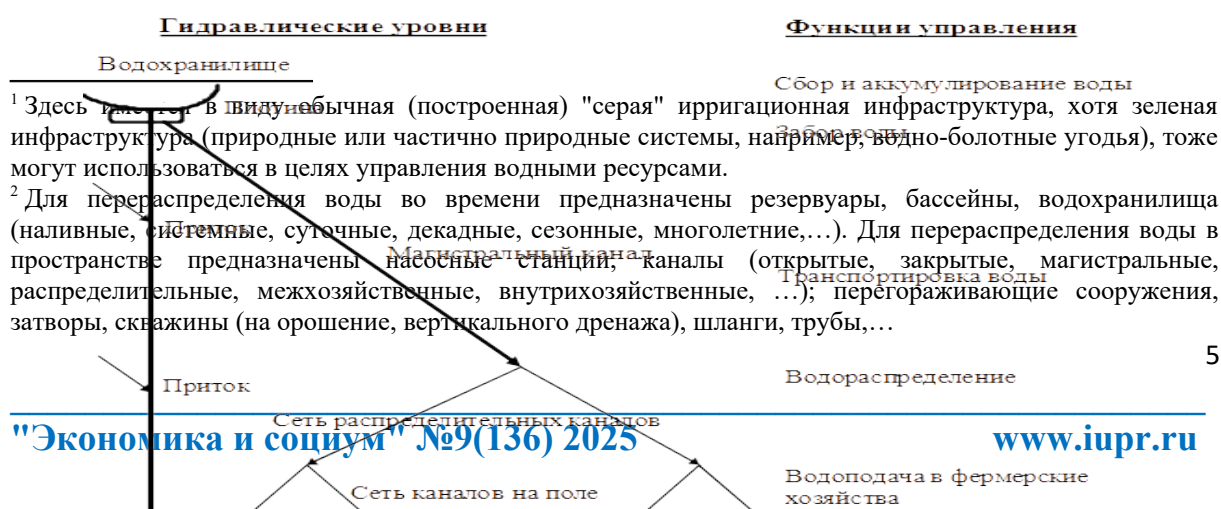


Рисунок. Схема гидромелиоративной системы.

Модернизация ирригационной инфраструктуры предполагает, что в будущем она должна стать более эффективной и гибкой, чтобы соответствовать требованиям

- *комплексности/многофункциональности*: совместного использования инфраструктуры многими секторами экономики, включая сельское хозяйство, рыболовство, бытовое использование, энергоснабжение, ...;
- *эффективности*: ирригационные системы должны будут создавать большую ценность за каплю воды (повышается физическая и экономическая продуктивность оросительной воды) и позволить фермерам реагировать на проблемы, связанные с изменением климата;
- *безопасности*.

В результате модернизации улучшаются качественные характеристики инфраструктуры, например:

- увеличивается мощность/пропускная способность;
- коэффициент полезного действия (КПД) канала;
- расширяются технические возможности;
- повышается срок службы и т. п.

Улучшение качественных характеристик инфраструктуры дает возможность более эффективно перераспределять оросительную воду во времени и пространстве.

Модернизация инфраструктуры хранения/накопления воды³

Промежуточное водохранилище в пределах системы каналов является главным активом для управления водой. Оно дает возможность гибкого управления ирригационной системой с контролируемым и измеряемым расходом, который может соответствовать спросу/квоте в нижнем течении. Для повышения стабильности водопоставки стратегически важным является использование микроводохранилищ (бассейны суточного/декадного регулирования на нижних уровнях водной иерархии).

Модернизация средств аккумуляирования осуществляется путем

- строительства/реконструкции водохранилищ/плотин и т.д.;
- замены проблемных плотин на более эффективные, оснащение их рыбоходами и системами пропуска речных осадков (из-за работы гидроэлектростанций (ГЭС) экосистемы ниже по течению недополучают важный для них ил);

³ Промежуточные конструкции: пруды/резервуары/емкости/водохранилища для хранения (сутки/декада/сезон, ...) воды (оросительной/дождевой) и используемые водопользователями по мере необходимости. В ближайшие 10 - 15 лет в Кыргызстане, например, планируется строительство 50 бассейнов/водохранилищ декадного/сезонного регулирования воды.

Выбор мер по модернизации должен быть обоснованным с учетом всех их достоинств и недостатков (плюсов и минусов).

Плюсы и минусы мер по модернизации средств аккумулирования.

Плюсы:

- повышение зарегулированности источников орошения и, соответственно, повышение потенциала для гибкого управления водой;
- повышение потенциала для борьбы с паводками, снижение рисков наводнений;
- повышение гидроэнергетического потенциала. Гидроэлектростанции входят в число возобновляемых источников энергии. Более того, полученное таким образом электричество обходится гораздо дешевле, чем энергия с теплоэлектростанций, ветряков или солнечных электростанций;

Минусы:

- большие потери воды на испарение с поверхности водохранилищ;
- опасность разрушения/прорыва плотин [3]⁴;
- застоявшаяся вода «цветет» и становится токсичной;
- дамбы преграждают пути миграции рыб, в том числе ценных промысловых видов рыб [4]⁵;
- пробелы: скопление отложений/заиление, проседание стенок, протечки и т.д.;
- эксплуатация плотин может привести к созданию засушливых условий в районах ниже по течению.

Модернизация водозаборных/водовыпускных сооружений

Модернизация водозаборных/водовыпускных сооружений включает

⁴ Из-за климатических изменений может повыситься риск разрушения плотин.

⁵ В США при модернизации ирригационных округов зачастую руководствуются экологическими нормами. Во многих странах экологические ограничения также привели к прекращению строительства новых плотин на реках.

- *усовершенствование их путем*
 - уменьшения чувствительности/уязвимости;
 - регулирования по нижнему бьефу;
 - обеспечению широкого диапазона измерения расходов воды⁶.
- *замену энергоемких насосных станций* на более рациональные, работающие на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) (блок 1).

Блок 1. Использование ВИЭ

Дело в том, что значительная часть средств на ирригацию расходуется на оплату энергоресурсов для обеспечения работы насосных станций. Поэтому масштабное использование ВИЭ - стратегически важно для ирригации. Кроме того использование ВИЭ важно в связи с тем, что стабильность водоподачи сильно зависит от стабильности энергоснабжения насосов, которая в странах ЦА является неудовлетворительной [5].

- *установку резервных насосов* для устранения пиковых расходов в каналах;
- *оснащение обновленными системами/устройствами* оповещения и охраны,...;
- *использование средств самотечного водозабора* вместо средств машинного водозабора (насосных станций/установок)⁷.

Плюсы и минусы перехода от машинного водозабора к самотечному

Плюсы:

- сокращение потребления электроэнергии, горюче-смазочных материалов, и, как следствие, сокращение выброса парниковых газов;

⁶ Системам дождевания и капельного орошения не нужны расходы, скажем, 30 л/с, тогда как традиционные системы поверхностного орошения могут функционировать удовлетворительно при таких расходах.

⁷ Учитывая то, что 1) основная часть затрат на водный сектор (больше 70%) это затраты на электроэнергию; а также то, что 2) системы орошения, распределяющие воду самотеком, играют решающую роль в снижении выбросов углекислого газа от выработки и использования энергии, а также то, что частые перебои с электроснабжением насосов ведут к снижению стабильности водопоставки, очень важно, где это возможно, перейти от машинной водозабора к самотечному.

- отсутствие затрат на реконструкцию/ремонт насосной станции/установки.

Минусы:

- снижение потенциала для автоматизации водозабора.

Модернизация средств регулирования уровня воды

Модернизация средств регулирования уровня воды осуществляется путем создания автоматизированных систем. Автоматизированные системы оснащены сооружениями, которые регулируют уровни воды в каналах во всём диапазоне расходов. Эти сооружения могут быть устройствами регулирования либо по верхнему, либо по нижнему бьефу.⁸

Плюсы и минусы мер по модернизации системы регулирования уровня воды по нижнему бьефу.

Плюсы:

- возможность автоматического реагирования на меняющиеся требования от пользователей ниже по течению.
- повышается качество ирригационного обслуживания.

Минусы:

- является дорогостоящим, поскольку, обычно, требует наличия
 - горизонтальных дамб канала (перегораживающих сооружений);
 - сооружений автоматизированного регулирования.

Модернизация средств контроля и учета воды

⁸ Регулирование уровня воды достигается механическими перемещениями скользящих плоских, сегментных и клапанных затворов. Автоматизированные системы различаются по способам эксплуатации затворов. Различают: (i) электроприводные системы с затворами, (ii) затворы, приводимые в движение гидравлическими силами без внешнего источника энергии или вмешательства со стороны человека.

Для ЦА характерно то, что имеется ограниченная информация для планирования, развития и управления водными ресурсами. Необходимо модернизировать системы базы данных и базы знаний, чтобы разработчики стратегий модернизации располагали полной и достоверной информацией по водным ресурсам. В противном случае появится, например, опасность того, что новые водохранилища не заполнятся до проектных объемов и что пересмотренному водораспределению будут присущи черты "маловодья".

Почти все национальные и международные проекты в водном секторе ЦА содержат планы по улучшению/модернизации контроля/учета воды путем

- обновления измерительных устройств с обеспечением автоматического мониторинга в ключевых точках, включая внедрение автоматизированных систем водоучета;
- преобразования сооружения, работающего в условиях контроля расхода, в сооружение, работающее в условиях контроля уровня воды по верхнему бьефу;
- повышение уровня безопасности через замену сооружений с затворами на автоматические сооружения⁹.

Плюсы и минусы SCADA

Плюсы:

- повышение точности измерения уровней, расходов и минерализации воды, а также открытия затворов гидротехнических сооружений, за счет применения современных технических средств измерения и учета водных ресурсов (снижение погрешности измерения и вычисления по расходу от 5-10% до 2-3%);
- данные доступны в режиме реального времени;

⁹ В настоящее время в ЦА при поддержке международных финансовых организаций внедряются современные системы автоматизации гидротехнических сооружений, так называемые системы SCADA

- улучшение информационного обеспечения, за счет непрерывного сбора, хранения и обработки измерительных значений уровней и расходов воды в компьютерах;
- повышение оперативности и точности управления водными ресурсами за счет увеличения скорости получения и обработки информации о технологическом процессе и принятие решения;
- исключает человеческий фактор ошибки;
- повышает оперативность обнаружения и устранения неисправностей оборудования системы управления и гидротехнических сооружений; исключает задержку данных при паводках или нехватке воды [7].

Минусы:

- требуется эксплуатационный персонал более высокой квалификации, обеспечить которым при существующем уровне заработной платы в территориальных водохозяйственных организациях является проблематичным;
- из-за коррупции, которая имеет место временами и местами в водном секторе, поддержание систем SCADA в рабочем состоянии является не простой задачей;
- недостаточный уровень достоверности сведений об эффективности и устойчивости прогресса, достигнутого в результате реализации проекта в сфере водоучета в ЦА, особенно на границе водопользователей.

Модернизация средств транспортировки воды

Модернизация средств транспортировки осуществляется путем

- *конструктивных мероприятий* [8]:

- устройство различных видов антифильтрационных одежд (бетонирование, асфальтирование, пленочное покрытие) ... для снижения первичных потерь воды¹⁰.
- применение подземной сети напорных трубопроводов и подземной самотечной сети;
- *кольматации* (мероприятие по изменению фильтрационной способности грунта ложа канала);
- *переустройства*:
 - сокращения протяженности (спрямление) каналов и числа выделов из них. Чем больше протяженность канала и точек выдела из него, тем больше вероятность потерь воды;
 - «закольцевания» каналов;
 - изменения схемы оросительной сети. «Узловая» схема оросительной сети является более предпочтительной по сравнению с «елочной» с точки зрения возможности для контроля и управления водопоставкой и, соответственно, для снижения потерь воды;
- *строительства закрытых трубопроводных систем* для равнинных и/или пойменных участках с целью уменьшения потерь воды от заболачивания и засоления, вызванных фильтрацией из открытых каналов. В идеале оросительная система для современного сельского хозяйства должна быть закрытой сетью;
- *строительства каналов для переброски* части стока рек с целью повышения водообеспеченности земель там, где наблюдается дефицит воды;
- *строительства самотечно-напорной оросительной системы* с целью сокращения энергозатрат (при наличии напора, обусловленного естественным уклоном местности. В таких случаях возникает дополнительное преимущество в виде снижения потребности в

¹⁰ Выгоды от устранения первичных потерь: более легкая эксплуатация распределительной системы, повышение урожайности культур; меньшее загрязнение воды удобрениями и пестицидами.

регулирующих сооружениях, необходимых в системе открытых каналов);

- *замены закрытой трубопроводной сети* в системах машинного орошения самотечными открытыми каналами с целью сокращения энергозатрат;
- *обеспечения напора в системах*, состоящих из закрытых труб, с помощью насосов. Этот вариант является целесообразным, если дополнительные издержки машинного орошения в достаточной мере компенсируют стоимость выращиваемых культур, а также при обеспечении техобслуживания и периодической замены насосов и двигателей.
- *строительства сооружений по перехвату наносов* для систем, расположенных на склонах (блок 2).

Блок 2. Борьба с наносами.

В некоторых системах серьезную проблему представляет седиментация. Отсутствие сооружений для перехвата и удаления наносов приводит к проникновению в систему каналов большого количества отложений, создавая необходимость затратной процедуры их очистки. В связи с этим необходимо установка/обновление устройств и сооружений (отстойника/успокоительного бассейна) для перехвата/уловления и удаления наносов на головных сооружениях.

- *облицовка каналов* (блок 3).

Блок 3. Облицовка каналов.

Наиболее широко продвигаемые меры по рациональному использованию водных ресурсов включают облицовку каналов. В ЦА внимание к бетонировке каналов существенно выросло¹¹. Облицовка каналов в крупномасштабных оросительных системах является одним из наиболее широко продвигаемых подходов для сокращения потерь в орошении. Подобные вмешательства могут быть разработаны с целью

¹¹ В странах ЦА разработаны многолетние программы бетонирования каналов; 2024 год объявлен "ударным годом по бетонированию каналов"...

улучшения водного надзора и могут сократить утечку на местах, но необязательно приведут к существенной экономии воды по всей орошаемой площади.

Облицовка канала сокращает затраты на техобслуживание и фильтрацию воды из канала. Однако, учитывая то, что вода теряется не только на фильтрацию, специалисты отмечают, что огромные суммы, потраченные на облицовку, не всегда приводят к ожидаемому эффекту. Это объясняется тем, что модернизация инфраструктуры и системы управления должна проводиться комплексно.

Облицовка каналов может быть экономически оправданной в структуре планов по модернизации ирригации там и тогда, где и когда она необходима для улучшения водного надзора или в местностях, где потери в водопроводящих каналах высоки и восстановление водного стока ниже по течению маловероятно.

Плюсы и минусы антифильтрационных мер.

Плюсы:

- повышают мощность/пропускную способность и КПД канала, благодаря чему снижается/ликвидируется угроза:
 - засоления почвогрунтов и заболачивания местности (вызванных подъемом грунтовых вод из-за фильтрационных потерь воды)¹²;
 - деформации каналов и разрушения сооружений (при просадочных грунтах);
 - опасных обрушений и селей в горных условиях;
- сокращают затраты на техобслуживание.

Минусы.

Потерянная вода до облицовки канала могла выполнять полезную работу:

- часть потерянной воды могла повторно использоваться на орошение (в основном, в зонах, имеющих высокую проточность грунтовых вод при малой их минерализации);
- нередко потерянная вода могла выполнять

¹² Эффективность антифильтрационных мероприятий следует определять не только объемами сэкономленной воды, но и размерами снижения расходов финансовых ресурсов на водоотведение и утилизацию дренажно-сбросных вод.

- экологическую функцию по поддержанию флоры и фауны в прилегающей к оросительному каналу территории;
- социальную функцию (водообеспечение местного населения).

Модернизация системы совместного использования поверхностных и подземных/грунтовых вод

Модернизация/оптимизация системы совместного использования поверхностных и подземных/грунтовых вод включает следующие меры:

- восстановление вышедших из строя и/или строительство новых скважин на орошение;
- использование скважин на орошение с применением более усовершенствованных и дешевых технологий для извлечения подземных вод;
- использование скважин на орошение в качестве основного и/или резервного инструмента для гарантированного орошения ценных сельхозкультур подземной водой на основе системы капельного орошения;
- строительство скважин на орошение в зоне приусадебных участков, теплиц, парников и т.д.;
- создание в зоне приусадебных участков водных резервуаров/хаузов для населения и скота;
- гарантированное энергообеспечение скважин на орошение за счет нетрадиционных источников энергии (солнечные и ветровые генераторы,...) [9]¹³. Использование ВИЭ способствует минимизации

¹³ ЕС и ПРООН, работая совместно с правительством Узбекистана, внедрили систему капельного орошения в Аккурганском районе Ташкентской области, регионе, известном своим низким уровнем водоснабжения. По данным ПРООН, система состоит из насоса, который качает воду из скважины глубиной 180 метров, используя электричество от солнечных батарей... приносит пользу 10 домохозяйствам и экономит около 60% воды по сравнению с традиционными методами орошения.

углеродного следа путем уменьшения/сохранения низкого уровня издержек машинного орошения.

Модернизация системы энергоснабжения ирригации

Модернизация системы энергоснабжения ирригации включает

- *строительство*
 - гидроэлектростанций (ГЭС)¹⁴;
 - солнечных и ветровых станций [10]¹⁵;
 - микро и мини ГЭС на оросительных каналах в качестве альтернативного источника электроснабжения в сельской местности для целей использования насосов только в тех случаях, когда использование гравитационного (самотечного) орошения не представляется технически или экономически целесообразным [11]¹⁶;
- *установку солнечных панелей над каналом*;
- *создание плавучих солнечных станций* [12]¹⁷;
- *строительство АЭС*¹⁸.

Оросительные системы на ВИЭ должны стать доступной климатически оптимизированной технологией как для крупных, так и для

¹⁴ Гидроэлектростанции входят в число возобновляемых источников энергии. Более того, полученное таким образом электричество обходится гораздо дешевле, чем энергия с ТЭС, ветряков или солнечных электростанций. Однако это не значит, что энергия воды экологична. У нее есть несколько серьезных минусов: 1) из-за большого испарения воды с поверхности водохранилищ мелеют реки; 2) застоявшаяся вода «цветет» и становится токсичной; 3) дамбы преграждают пути миграции рыб, в том числе ценных промысловых видов.

¹⁵ При выборе мер модернизации следует учитывать альтернативные точки зрения: «на данный момент создание гидроэнергетических объектов экономически не оправдано», «строительство ГЭС примерно в 3 - 4 раза дороже, чем строительство солнечной электростанции», себестоимость энергий, производимой на ГЭС увеличивается, а на солнечной станции — стремительно дешевеет».

¹⁶ В некоторых областях Республике Узбекистан, например, убрали насосные станции, обеспечив подвод воды самотеком. В Сурхандарье, например, в результате реализации проекта модернизации ирригационных систем были убраны более 400 фермерских насосов, а также 20 малых и 3 крупных насосных станций. Вода стала подаваться самотеком, сократилось потребление электроэнергии, газа, и, как следствие, сократился выброс парниковых газов.

¹⁷ Установка на поверхности водохранилищ специальных платформ, на которые размещаются солнечные панели, которые преобразуют солнечный свет в электрическую энергию.

¹⁸ Некоторые эксперты (Кыргызстан) считают, что было бы более рационально направить финансы на строительство АЭС малой мощности. Это закрыло бы потребности в электроэнергии, а строительство ГЭС отпало бы само собой, а нижерасположенные соседи и дальше получали бы воду в нужном им объеме.

мелких фермеров в странах ЦА. Но ими необходимо правильно управлять и регулировать их использование во избежание рисков нерационального использования воды.

Плюсы и минусы мер по модернизации системы энергоснабжения ирригации.

Плюсы:

- улучшение энергоснабжения и, как следствие, повышение стабильности водопоставки, улучшения водоучета,...;
- снижение потерь воды на испарение с водной поверхности канала, водохранилища;
- сокращение выбросов парниковых газов.
- снижение уровня противоречия между гидроэнергетикой и ирригацией.

Минусы:

- высокие затраты на установку ВИЭ;
- проблемы с утилизацией лопастей ветряков и коллекторов солнечных батарей;
- проблемы с обеспечением экологических требований.

Заключение

1. Большая часть ирригационной инфраструктуры в странах ЦА находится в относительно плохом состоянии и нуждается в масштабной модернизации.
2. Существует широкий спектр твердых мер модернизации ирригационной инфраструктуры, применение которых может привести к неоднозначным результатам.
3. Эффект от модернизации инфраструктуры зависит от правильного выбора мер по модернизации – он должен быть обоснованным с учетом

всех достоинств и недостатков, четкого учета плюсов и минусов, которые могут быть следствием рассматриваемых мер.

4. Для выявления плюсов и минусов мер по модернизации необходимо многократно повысить качество и количество научно-исследовательских работ в области ирригации¹⁹.

¹⁹ Ирригационные специалисты и ученые, из-за пробелов в научно-производственных исследованиях (особенно в последние тридцать лет), сейчас плохо представляют себе реальный уровень эффективности ирригационных систем. Программы/планы модернизации УВР в ЦА могут быть обречены на провал, если не наладить надлежащие научные исследования и качественный, надежный и гибкий учет и контроль аккумулирования, водопоставки/водопользования/водоотведения.

Список литературы

1. Ли М.А., Ибраев Т.Т. Оценка состояния ирригационных систем и гидротехнических сооружений Казахстана.
<http://cawater-info.net/bk/dam-safety/files/li-ibraev.pdf>
2. Модернизация управления орошением - методика MASSCOTE. Картирование системы и услуг для различных методов эксплуатации канала. Публикации ФАО по ирригации и дренажу. № 63. Источник:
<http://www.fao.org/docrep/018/a1114r/a1114r.pdf>
3. Климатические изменения угрожают разрушить тысячи американских плотин. <https://newsworldcars.com/news-59676836.html>
4. Развитие ирригационного сектора в 21 веке: примеры мирового опыта.
<http://cawater-info.net/library/rus/inf/40.pdf>
5. Тарифы на поливную воду повысили на 150%. К чему это приведет?
<https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/economic/20240212/tarifi-na-polivnuyu-vodu-povisili-na-150-k-chemu-eto-privedet>
<https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/economic/20240212/tarifi-na-polivnuyu-vodu-povisili-na-150-k-chemu-eto-privedet>
6. Парламент ратифицировал соглашение с АБР по проекту модернизации Яванской ирригационной системы. Источник:
<https://avesta.tj/2022/04/20/parlament-ratifikiroval-soglashenie-s-abr-po-proektu-modernizatsii-yavanskoj-irrigatsionnoj-sistemy/> Avesta.tj - Все права защищены. <http://avesta.tj/2022/04/20/parlament-ratifikiroval-soglashenie-s-abr-po-proektu-modernizatsii-yavanskoj-irrigatsionnoj-sistemy/>
7. Туркменистан запустил автоматизированную систему управления гидроресурсами. <https://e-cis.info/news/567/118075/>
8. «Солнечные каналы» разумно используют пространство Индии.
<https://energismi.ru/archives/45743>

9. Система капельного орошения на солнечных батареях – это жизнеспособный вариант для Центральной Азии.
<https://www.newscentralasia.net/2024/08/22/sistema-kapelnogo-orosheniya-na-solnechnykh-batareyakh-eto-zhiznesposobnyy-variant-dlya-tsentralnoy-azii/>.
10. Неэффективные ГЭС и нерациональное орошение: что убивает Сырдарью. <https://rivers.help/n/3530>.
11. Узбекистан модернизирует ирригационную систему.
<http://www.uzdaily.uz/ru/post/78776>.
12. Кыргызстан готов построить плавучие солнечные станции на \$1 млрд: что известно о проекте? <https://asiais.ru/society/78524.html>.