



Аналитическая записка НИЦ МКВК

№ 6, январь 2024 г.

Инновационные приборы автоматизации учета воды на гидромелиоративных системах Республики Узбекистан

Авторы: Александр Долидудко, к.т.н. Рустам Масумов

В данном обзоре представлен анализ текущего состояния, основных положений, принципов и перспективы развития автоматизации водоучета для объективного и оперативного учета воды на объектах водного хозяйства Республики Узбекистан.

Указом Президента Республики Узбекистан «О мерах по эффективной организации государственного управления в сфере водного хозяйства в рамках административных реформ» намечено широкое внедрение информационно-коммуникационных технологий в сферу, ведение и обеспечение прозрачности учета воды. В результате чего посредством автоматизации процессов управления крупными водохозяйственными объектами планируется достичь их дистанционного управления, предупреждения технических потерь воды до 10 процентов, а также сокращения участия человеческого фактора в данных процессах [1]

Поскольку учет воды является основой эксплуатации оросительных систем, то без него нельзя обеспечить плановое водопользование. Первостепенным мероприятием при совершенствовании комплексной автоматизации оросительных систем является автоматизация водоучета.

При автоматизации учета воды необходимо исходить из принципов непосредственного измерения расхода воды в пункте водоучета или косвенного определения расхода воды в пункте водоучета. Принцип и схему автоматизации водоучета выбирают в зависимости от типа, конструкции, особенностей режима работы пункта водоучета.

Объективный оперативный водоучет с требуемой точностью измерения возможно осуществить только средствами автоматизации. В первую очередь его автоматизируют на водовыпусках, контрольных участках каналов, что резко улучшает эксплуатацию систем, сокращает непроизводительные сбросы воды без каких-либо дополнительных затрат.

Введение

Одной из приоритетных задач Концепции развития водного хозяйства [2], а также Стратегии управления водными ресурсами и развития сектора ирригации Республики Узбекистан на ближайшие годы [3] является модернизация и развитие объектов водного хозяйства, автоматизация процессов управления объектами водного хозяйства на основе цифровых технологий, а также широкое внедрение современных инновационных технологий в сфере водного хозяйства республики.

На сегодняшний день из-за низкого уровня водоучета на региональном и национальном уровнях возникает ряд проблем, связанных с перерасходами, потерями и неэффективным распределением воды в трансграничных и малых реках. Это, в свою очередь, приводит к дополнительным энергетическим, трудовым затратам и в конечном итоге снижению урожайности сельхозкультур.

В этой связи водоучет является одним из основных инструментов водосбережения, а автоматизация системы учета воды, позволит в нужное

время в необходимых объемах, распределять воду между водопотребителями и водопользователями.

Важнейшим условием эффективной работы оросительных систем является объективный и оперативный водоучет. На его основе осуществляют диспетчерское управление водозабором и водораспределением, регулирование водного режима полей, наблюдение и контроль за технической эксплуатацией отдельных сооружений, участков, систем и т.д. [4]. Для совершенствования эксплуатации оросительных систем, учет воды на гидромелиоративных системах необходим для технической грамотной организации водопользования и водораспределения.

Автоматизация пунктов водоучета на внутрихозяйственных каналах, включая КДС, обеспечит своевременную и достоверную информацию об объемах и распределении оросительных и дренажно-сбросных вод.

Анализ современного состояния

На всех реках и крупных коллекторах Республики Узбекистан учет поверхностных вод выполняется национальной гидрометеорологической службой (НГМС), а на инженерных водозаборных сооружениях и гидротехнических сооружениях бассейновыми управлениями ирригационных систем (БУИС) и районными водохозяйственными подразделениями Министерства водного хозяйства. Что касается трансграничных рек, согласно договоренности между странами, по запросу государственных органов, гидрометеорологические службы государств передают данные НГМС Республики Узбекистан.

За последние годы из-за отсутствия автоматизированного учета воды на гидропостах в местах пересечения трансграничных рек с государственными границами смежных республик ЦА возникают существенные проблемы по учету водных ресурсов трансграничных рек. Однако, благодаря совместной работе исполнительных органов МКВК, несмотря на маловодные и паводковые годы, на протяжении многих лет, удаётся избегать острых конфликтных ситуаций при распределении воды на трансграничных реках между государствами Центральной Азии.

При этом автоматизация учета воды на территории Республики Узбекистан активно начала раз-

виваться в начале 2000-х годов. Подтверждением этого стала реализация регионального проекта «Автоматизация каналов Ферганской долины» (I-II фаза) [5], в рамках которого головные и узловое сооружения были оснащены оборудованием системы SCADA, на всех регуляторах установлены датчики положения затворов, ультразвуковые датчики уровней воды верхнего и нижнего бьефов типа Prosonic FMU230E (рис. 1).

Благодаря автоматизации достигнуто эффективное регулирование водных ресурсов, а сокращение водозабора удалось за счет оперативного автоматизированного управления затворами при колебаниях подачи воды из Токтогульского водохранилища. В результате повысились точность измерения уровней, расходов и минерализации воды, а также открытия затворов гидротехнических сооружений, за счет применения современных технических средств измерения и учета водных ресурсов, тем самым погрешность измерения расхода снизилась с 5-10% до 2-3%.

Однако в количественном выражении замеры не проводились. Также следует отметить, что эти уровнемеры никакими метрологическими центрами или органами НГМС не поверялись, хотя их паспортные поверочные интервалы составляют не более 2 лет. Точность показания их на местах



Рис. 1. Автоматизированная система учета воды на объектах БВО «Сырдарья»

дублируются морскими или гидротехническими рейками, которые установлены параллельно в уровнемерных колодцах.

Анализ современного состояния водоучета бассейна реки Сырдарья показал, что на территории Узбекистана в верхнем и среднем течении реки Сырдарья, измерения расхода воды производятся при помощи морских или гидротехнических реек. Также, после слияния рек Нарын и Карадарья, ниже по течению реки Сырдарья на расстоянии 27 км расположен гидрологический пост НГМС «Каль», который оборудован самописцем уровня «Валдай», но дублируется морской рейкой.

Проверка работоспособности этих приборов показала, что они вполне надежны, но в результате многолетней эксплуатации все ранее установленные ДУП практически вышли из строя по причине морального и/или физического износа.

В последние годы в процесс автоматизации оросительных каналов по инициативе Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан активно включились доноры из Южной-Корейской компании KOICA. Так на многих гидростанциях магистральных каналов были установлены южнокорейские уровнемеры с автономным источником питания и беспроводной передачи данных. Все электронное оборудование размещено в компактном блоке, защищенном от атмосферных осадков и несанкционированного проникновения. В систему занесены значения расхода воды в канале в зависимости от уровня воды в нем $Q=f(H)$.

Измерение уровня воды производится высокоточным уровнемером, который установлен непосредственно над зеркалом воды (рис. 2). Измерение уровня (H) и расхода воды (Q) производится непрерывно и передается в режиме онлайн в диспетчерский пункт управления.

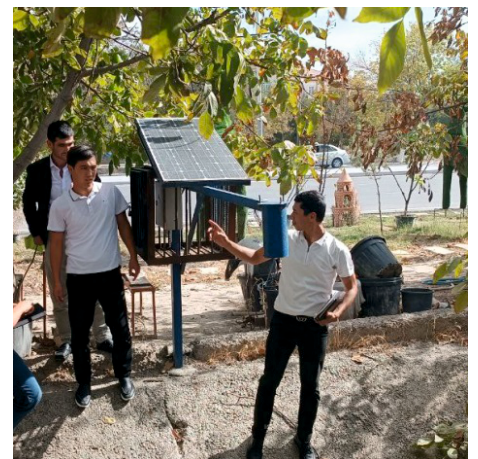


Рис. 2. Автоматизированные уровнемеры на оросительных каналах типа «Smart Water» («Умная вода»)

В Стратегии управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021-2023 годы поставлена задача по доведению до 18576 единиц количества объектов водного хозяйства, ведущих учет воды на основе цифровых технологий «Smart Water» («Умная вода»), а также перевод на автоматизированное управление на основе цифровых тех-

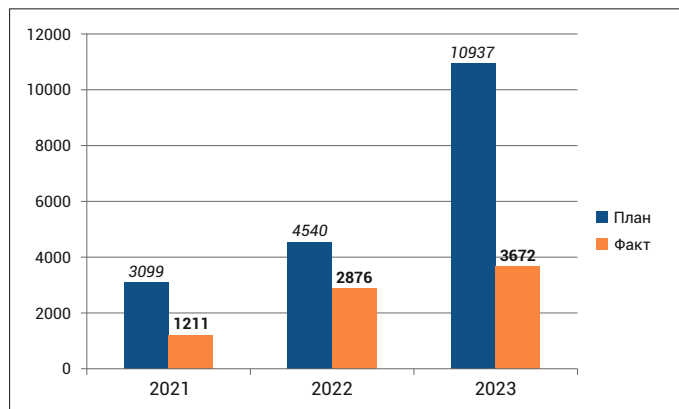


Рис. 3. Внедрение цифровых технологий «Умная вода» за 2021-2023 гг.

В 2021-2023 гг. для установки устройств «Умная вода» выделено 56,7 млрд сумов (47 процентов) из необходимых 121,1 млрд сумов и на автоматизацию крупных водохозяйственных объектов – 9,04 миллиарда сумов (53 процента) из необходимых 17,2 миллиарда сумов.

Кроме того Постановлением Президента РУз утверждена «Дорожная карта» по дальнейшему углублению реформ в сфере водного хозяйства, где 21 пунктом указано внедрение современной автоматизированной системы использования водных

нологий 60 крупных объектов водного хозяйства. Однако, по факту за годы реализации задач, предусмотренных в Указе Президента технологии «Умная вода» внедрены лишь на 7759 объектах водного хозяйства, что на 10817 ед. меньше запланированного (рис. 3), а также переведено 56 крупных объектов, что на 4 ед. меньше (рис. 4).

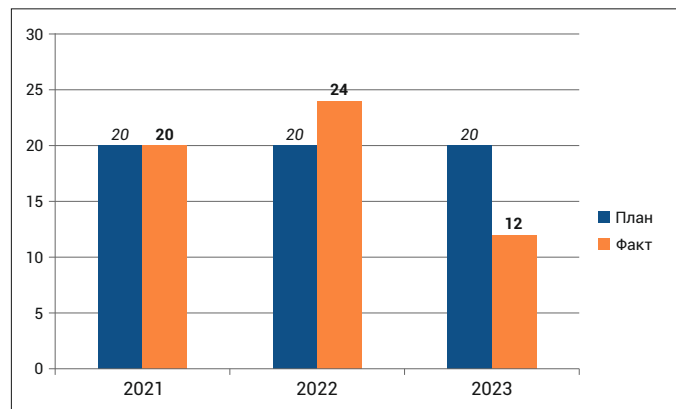


Рис. 4. Автоматизация управления крупных объектов за 2021-2023 гг.

ресурсов, созданной предприятием «Rubicon Water Pty. Ltd», на канале Миришкор-Камаша в Кашкадарьинской области [6].

Проект реализован по инициативе Министерства сельского хозяйства за счет грантовых средств Европейского Союза. Стоимость проектных и строительных работ составила 18,2 млрд сум, в рамках которых было полностью автоматизировано, от головного сооружения до последнего водовыпуска, 26 затворов канала Миришкор-Камаша, расположенного в Касбийском районе (рис. 5).



Рис. 5. Автоматизация канала «Миришкор-Камаша» технологией компании «Rubikon water»

В результате улучшено водоснабжение более 6,5 тысяч гектаров орошаемых земель, а также процессы управления и распределения водных ресурсов улучшены на 30-40 процентов [7]. Благо-

даря дистанционному и оперативному управлению водными ресурсами в 2022 году достигнута экономия 11,5 млн м³ воды (25 процентов относительно среднемноголетнего расхода).

Современные зарубежные методы и технологии автоматизации учета воды

Мониторинг уровня воды в реке очень важен. Есть много мест, где требуется дистанционный мониторинг уровня воды. Мониторинг уровня воды в режиме реального времени также является важной частью проектов по охране водных ресурсов, управлению реками, борьбе с наводнениями и уменьшению опасности стихийных бедствий и в других областях.

Анализ зарубежного опыта показал, что на трансграничных рек, таких как Колорадо и Колумбия в северной Америке, Тигр-Евфрат и Гильменд на Ближнем Востоке, а также Инд в южной Азии измерение уровня и расхода воды данных рек осуществляется благодаря современным/инновационным методам и технологиям [8-10]. На вышеперечисленных реках на протяжении многих лет используются доплеровский, радарный и ультразвуковой методы учета водных ресурсов.

На сегодняшний день в сфере автоматизации водоучета, наиболее эффективными зарекомен-

довали себя следующие приборы и оборудование:

Датчики уровня (*уровнемеры*) являются приборами, обеспечивающими контактное и бесконтактное измерение уровня воды. Датчики уровня имеют: магнитострикционный, волноводный, радиолокационный, ультразвуковой, гидростатический и другие типы.

Радарные датчики. В основе принципа измерения уровня с помощью радара лежат электромагнитные волны. Радарный уровнемер излучает сфокусированную электромагнитную волну, которая отражается от объектов в виде эхо-сигнала, который затем обрабатывается (рис. 6). К линейке радарных датчиков, в дополнении к бесконтактным радарам, относятся также, радары с направленными микроволнами. Эту технологию называют TDR-Time Domain Reflectometry или GWR-Guided Wave Radar.



Рис. 6. Радарный датчик уровня воды

Ультразвуковые датчики. С помощью ультразвукового уровнемера (рис. 7) и системы мониторинга можно дистанционно контролировать уровень воды в реке или в любом другом водоеме. Система мониторинга позволяет передавать текущий, измеренный уровнемером, уровень воды в реке на персональный компьютер, установ-

ленный удаленно в операторской с использованием беспроводных сетей сотовой связи. Дополнительно данное оборудование может оснащаться системой автономного бесперебойного питания, что позволяет использовать систему измерения уровня воды в водоемах в местах, где отсутствует подключения к стационарным сетям.



Рис. 7. Ультразвуковой датчик уровня воды

Поплавковые датчики. Поплавковые датчики (рис. 8) предназначены для простых задач контроля предельного уровня воды. Они эффективны в случаях когда измерение уровня другими датчиками (кондуктометрическими, ультразвуковыми и другими датчиками) невозможно техниче-

ски или неоправданно дорого в силу их высокой стоимости. Поплавковые датчики (сигнализаторы) уровня могут работать как совместно с другими приборами, так и самостоятельно, управляя исполнительными механизмами, через промежуточное реле или контактор.

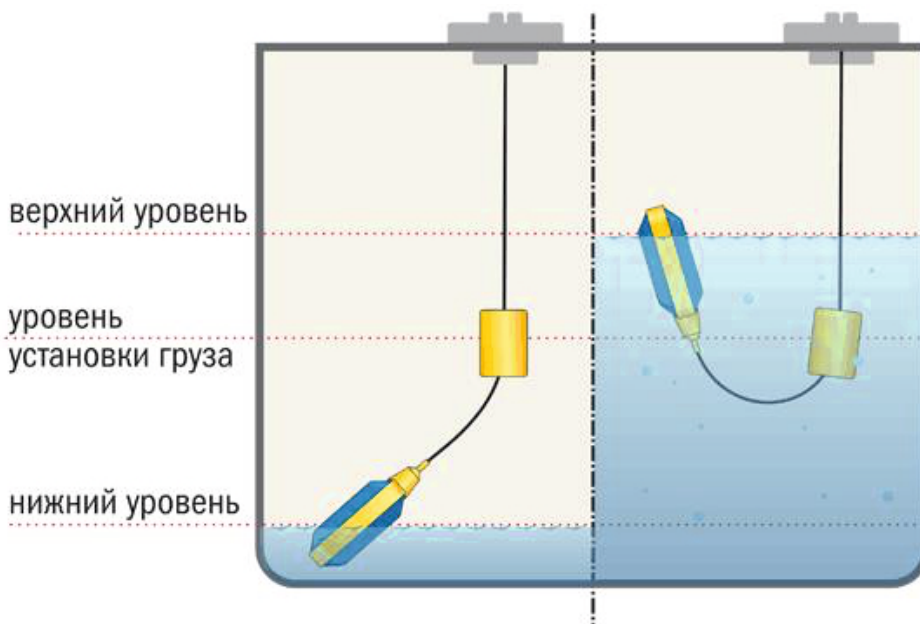


Рис. 8. Поплавковый датчик уровня воды

Приборы измерения расхода воды (расходомеры). Расходомер – прибор, измеряющий объёмный расход или массовый расход воды, то есть количество воды (объём, масса), проходящий через данное сечение потока за единицу времени. Расходомеры разработаны для измерения расхода воды в открытых каналах и реках (в основном шириной до 300 м) по методу «скорость-площадь» с графическим построением поперечного профиля потока.

В расходомерах, в основном, используется технология цифровой обработки сигнала в режиме ре-

ального времени (цифровая фильтрация и регулировка усиления каждого ультразвукового импульса) для корректного измерения эхо сигнала (непрерывный двунаправленный способ измерения).

Расходомеры, также, могут применяться в системах предупреждения о чрезвычайных ситуациях (паводки, наводнения, пересыхания, подпоры рек и каналов, гидротехнических сооружений, ГЭС, ГРЭС, промышленных предприятий, предприятий энергетического сектора), тем самым гарантируя точные, стабильные и надежные результаты даже в экстремальных условиях работы.



Рис. 9. Прибор измерения расхода воды (расходомер)

Однако содержание и эксплуатация крупных наземных измерительных сетей становится все более и более нерентабельным. Например, даже в такой развитой стране, как США, было выведено из эксплуатации более 100 гидрометрических станций Геологической службы США [11].

На замену им приходят методы спутниковой альтиметрии и дистанционного зондирования [12]. Так, в последние годы в Европе и США практикуют использование спутников для измерения уровня и расхода воды в реках (рис. 10).

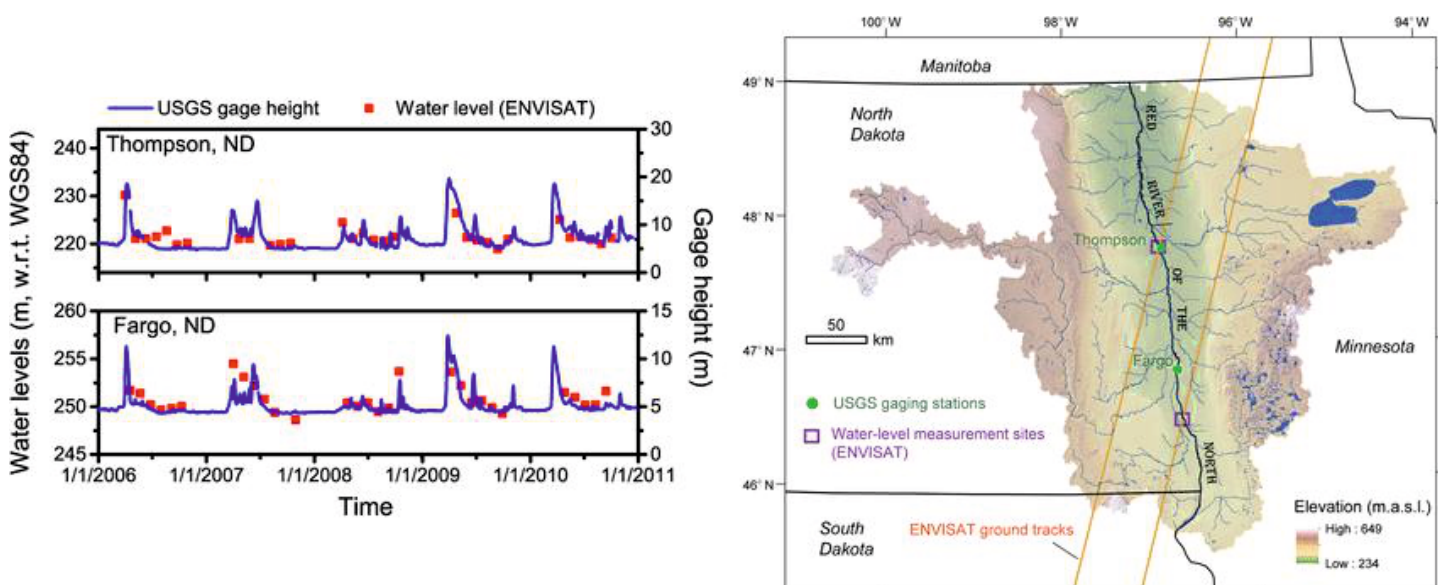


Рис. 10. Измерение уровня воды при помощи спутниковой альтиметрии и дистанционного зондирования при помощи спутника «Энвизат» [13]

Например, спутник «Энвисат», запущенный на орбиту высотой 800 километров, делает один оборот за 101 минуту, что позволяет каждые 2 часа получать точные расчетные данные. Данный метод эффективен для получения точных данных в режиме реального времени для отдаленных участков водных объектов. Также не нужно забывать что, даже во многих развитых странах мира

по сей день применяются гидрометрические/морские рейки, различного типа водосливы, вертушки и другие устройства для измерения уровня и расхода воды. Но благодаря современным инновационным подходам, техническим решениям и слаженной совместной работе можно добиться высоких, а главное, устойчивых результатов в автоматизации учета водных ресурсов.

Сравнительная таблица приборов учета воды

Наименование	Преимущество	Недостатки	Примечание
Гидротехническая рейка	Не требует больших финансовых затрат, простота и надежность в использовании, нет потребности в электроэнергии и дополнительного оборудования	Необходим постоянный визуальный сбор показаний, большая зависимость от человеческого фактора, нет возможности оперативного получения данных в т.ч. в режиме он-лайн	Применяется при дублировании показаний электронного оборудования
Объемный метод	Устойчив к завихрениям и прочим неравномерностям в распределении скоростей потока, нет потребности в калибровках профиля потока, низкое энергопотребление, возможность автоматического регулирования уровней и расходов воды,	Необходимость выполнения большого объема земляных и монтажных работ	Измеряет объемный расход воды
Радарный метод	Возможность получения оперативных данных в режиме реального времени, может оснащаться системой автономного бесперебойного питания, цифровая технология обработки сигналов	Постоянный доступ к электроэнергии, требует больших финансовых затрат, не стабилен при плохих погодных условиях, измеряет только уровень воды и необходима постоянная калибровка профиля потока	Работает по принципу излучения сфокусированной электромагнитной волны
Ультразвуковой метод	Возможность получения оперативных данных в режиме реального времени, может оснащаться системой автономного бесперебойного питания, цифровая технология обработки сигналов	Постоянный доступ к электроэнергии, требует больших финансовых затрат, не стабилен при плохих погодных условиях, измеряет только уровень воды и необходима постоянная калибровка профиля потока	Работает по принципу излучения ультразвуковой волны
Доплеровский метод	Возможность получения оперативных данных в режиме реального времени, нет потребности в калибровках профиля потока, измеряет скорость в разных слоях потока	Постоянный доступ к электроэнергии, требует больших финансовых затрат	Измеряет расход воды по методу «скорость-площадь»
Поплавковый метод	Простота в использовании, относительно не дорогой	Не обладает высокой точностью измерений	Может работать совместно с другими измерительными приборами
Применение спутниковой альтиметрии и дистанционного зондирования	Возможность получения оперативных данных на удаленных участках, нет потребности в электроэнергии	Требует наличия дополнительного оборудования и доступа к спутниковым снимкам, а также специалиста по ГИС и ДЗ	Относительно новый и до конца не изученный метод

**все измерительные приборы должны проходить поверку/аттестацию в срок, согласно своим паспортным данным, специальными метрологическими центрами или Госстандартом*

Выводы и рекомендации

При автоматизации учета воды необходимо придерживаться принципов непосредственного измерения расхода воды в пункте водоучета (без каких-либо промежуточных вычислений) или косвенного определения расхода воды (вычисление его по измеренным переменным величинам). Принцип и схему автоматизации водоучета необходимо выбирать в зависимости от типа, конструкции, а также особенностей режима работы пункта водоучета. В связи с этим максимальный технико-экономический эффект учета воды может дать лишь автоматизация всех технологических процессов на оросительной системе.

Кроме того:

- уровнемерные гидротехнические рейки зарекомендовали себя как простейшие и надежные конструкции приборов для измерения уровня воды на гидропостах рек, каналов и водохранилищ;

- в результате многолетней эксплуатации (20 лет и более) большинство установленных приборов автоматизации учета воды, из-за морального и физического износа, пришло в негодность и никакими метрологическими центрами не поверялись;

- выделяется недостаточно финансовых средств для автоматизации гидропостов (около 50%).

В связи с этим необходимо:

- привлечь зарубежных доноров для привлечения инвестиций в водный сектор;

- рассмотреть возможность внедрения передовых зарубежных практик спутниковой альтиметрии и дистанционного зондирования при учете трансграничных водных ресурсов;

- перед планируемыми проектами по автоматизации, начать модернизацию приборов установленных ранее по проектам автоматизации средств учета воды;

- оснастить существующие гидропосты радарными уровнемерами и ультразвуковыми расходомерами, работающими по методу «скорость-площадь», а для рек шириной более 300 метров, где скорость течения неравномерно распределена по поперечному сечению и наблюдаются различные скорости потока, необходимо использовать радарные датчики с системой из одного ведущего и нескольких ведомых датчиков.

Использованная литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан «О мерах по эффективной организации государственного управления в сфере водного хозяйства в рамках административных реформ» от 20.06.2023 г. № УП-101.
<https://lex.uz/docs/6508461>
2. Указ Президента Республики Узбекистан «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» от 10.07.2020 г. № УП-6024.
<https://lex.uz/ru/docs/4892946>
3. Постановление Президента Республики Узбекистан «Об утверждении стратегии управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021-2023 годы» от 24.02.2021 г. № ПП-5005.
<https://lex.uz/ru/docs/5307921>
4. В.М. Филимонова, М.В. Вайнберг «К вопросу автоматизации водоучета». ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, № 1(77)/2020. <http://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/filimonova-vainberg.pdf>
5. В.А. Духовный, И. Бегимов «Автоматизация каналов Ферганской долины (I-II фаза)». http://www.cawater-info.net/canal-automation/pdf/dukhovny_begimov_paper_ru.pdf
6. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан» от 06.04.2021 г. №ПП-5055 .
<https://lex.uz/docs/5360482>
7. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА: достигнутые результаты, планы на будущее. Доклад Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан.
<https://suvchi.gov.uz/public/uz/posts/1545735855/4405>
8. Environmentally-sensitive underwater blasting project in Columbia River meets stringent safety limits with HBM's Genesis equipment.
https://www.hbkworld.com/en/knowledge/resource-center/case-studies/columbia-river-underwater-blasting-project#!ref_hbm.com
9. Arfan M, Lund J, Hassan D, Saleem M, Ahmad A. Assessment of Spatial and Temporal Flow Variability of the Indus River. Resources. 2019; 8(2):103. <https://doi.org/10.3390/resources8020103>
10. Mughal, Muhammad & Shaikh, Zubair & Ali, Khurshed & Ali, Safdar & Katper, Saif. (2022). IPFS and Blockchain Based Reliability and Availability Improvement for Integrated Rivers' Streamflow Data. IEEE Access.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9784850>
11. Lanfear, Kenneth & Hirsch, Robert. (1999). USGS Study reveals a decline in long-record streamgages. Eos, Transactions American Geophysical Union.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/99EO00406>
12. Scherer, Daniel & Schwatke, Christian & Dettmering, Denise & Seitz, Florian. (2020). Long-Term Discharge Estimation for the Lower Mississippi River Using Satellite Altimetry and Remote Sensing Images. Remote Sensing.
<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2693>
13. Liu, Ganming & Schwartz, Frank & Tseng, Kuo-Hsin & Shum, C.K. & Lee, Sangsuk. (2018). Satellite altimetry for measuring river stages in remote regions. Environmental Earth Sciences.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-018-7823-6>