

Тренинговый модуль. АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОУЧЕТА НА РЕКЕ АМУДАРЬЯ



Оглавление

Сокращения и термины	3
Введение	4
Модернизация гидропостов и внедрение автоматизированных средств измерения	6
Модернизация существующей сети гидропостов.	7
Обзор автоматизированной системы водоучета	8
Оборудование систем автоматизированного водоучёта	9
Измерители уровня воды (уровнемеры)	10
Гидростатические преобразователи давления (пьезометры)	12
Радарные измерители скорости потока.....	13
Ультразвуковой доплеровский расходомер.....	15
Ультразвуковой доплеровский профилограф течений.....	16
Сравнительная таблица оборудования для водоучета	21
Выбор оборудования для автоматизации гидропостов в контексте реки Амударья.	22
Системы телеметрии:.....	24
GSM/GPRS модемы для передачи данных.....	24
Локальные радиосети (LoRaWAN, радиорелейная связь).....	24
Радиорелейная связь	26
Спутниковая связь (Геостационарные GEO, Низкоорбитальные LEO).....	26
Экономические выгоды и затраты на цифровизацию	28
Основные статьи затрат:.....	29
Потенциальные экономические выгоды:	29
Анализ затрат и выгод:	29
Социальные последствия и адаптация населения к новым технологиям	30
Потенциальные социальные изменения:.....	30
Стратегии адаптации населения:	30
Образовательные программы и повышение цифровой грамотности	31
Ключевые направления образовательных программ для повышения грамотности населения в контексте цифровизации водного сектора:.....	31
Формы реализации образовательных программ:	31
Пример организации водоучёта НДП на реке Амударья на территории Туркменистана.....	32
Вариант 1.....	32
Вариант 2.....	33
Пример успешных проектов реализации автоматизации водоучета в Туркменистане	35
Кейс 1: Автоматизация водоучета на реке Мургаб, Туркменистан	36
Кейс 2: Автоматизация водоучета на реке Каракум, Туркменистан.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	41

Сокращения и термины

Сокращения и термины

БВО - Бассейновая водохозяйственная организация

УПРАДИК - Управление межреспубликанских амударьинских ирригационных каналов

ВДУ – Верхнедарьинское управление

СДУ – Среднедарьинское управление

НДУ - Нижнедарьинское управление

НДП - Национальный диспетчерский пункт

ЕИЦ - Единый информационный центр

ГЭС - Гидроэлектростанция

GSM - Global System for Mobile Communications

GPRS - General Packet Radio Service

ADCP - Акустический доплеровский измеритель течения

В эпоху стремительного технологического прогресса Туркменистан активно внедряет инновационные решения во все сферы экономики. Автоматизация водоучета не только способствует эффективному управлению водными ресурсами, но и служит важным шагом в реализации национальной стратегии цифровизации водного сектора. Такие примеры автоматизации способствуют реализации стратегии повышая технический потенциал и компетенции специалистов в области технологий водоучета,

Введение

Река Амударья является одной из крупнейших и важнейших рек Центральной Азии, играя ключевую роль в жизни и экономике региона. Её значение для Центральной Азии трудно переоценить по следующим причинам:

- Амударья обеспечивает водой миллионы людей, являясь основным источником питьевой воды и воды для бытового использования в регионе. Река питает крупные ирригационные системы, обеспечивая орошение полей, на которых выращиваются стратегически важные культуры: хлопок, пшеница, рис, фрукты и овощи.

- На реке и её притоках построены крупные гидроэлектростанции, в том числе Нурекская ГЭС в Таджикистане, которые обеспечивают электроэнергией значительную часть региона.

- Амударья поддерживает уникальные экосистемы, включая дельту Аральского моря, и играет критическую роль в поддержании биоразнообразия региона. Амударья имеет глубокое культурное и историческое значение для народов Центральной Азии, являясь частью их наследия и идентичности. Как трансграничная река, Амударья играет важную роль в региональной политике и международных отношениях между странами Центральной Азии, требуя сотрудничества в области управления водными ресурсами.

Учитывая огромное значение реки Амударьи, эффективное управление её водными ресурсами становится критически важным для устойчивого развития всего региона. В этом контексте автоматизация водоучета представляет собой не только ключевой инструмент для оптимизации использования водных ресурсов и предотвращения потенциальных конфликтов, а также реализует стратегию развития цифровизации и способствует повышению потенциала кадров водохозяйственного комплекса. Такие примеры автоматизации способствуют реализации стратегии повышения технического потенциала, а специалисты получают возможность работать с современным оборудованием и программным обеспечением, что ведет к росту их профессиональной компетенции.

Цели модуля:

Предоставление комплексного понимания современных технологий автоматизации водоучета и их применения в контексте реки Амударья.

Определение роли автоматизации в повышении эффективности водопользования и улучшении трансграничного управления водными ресурсами.

Повышение навыков анализа данных и принятия решений на основе информации, получаемой от автоматизированных систем водоучета.

Повышение осведомленности о межгосударственном сотрудничестве в области управления водными ресурсами и роли автоматизации в этом процессе.

Исследование текущей ситуации трансграничных и малых рек региона выявило, что на природных водотоках мониторинг поверхностных вод в основном осуществляется национальными гидрометеорологическими службами, тогда как на искусственных водозаборных сооружениях эту функцию выполняют водохозяйственные организации стран Центральной Азии.

Регулирование водных ресурсов на местном и государственном уровнях представляет собой комплексную проблему, требующую развитой системы наблюдения и анализа. Значимость этих аспектов обусловлена следующими факторами:

- ✓ Увеличение водного дефицита;
- ✓ Низкая точность долгосрочных прогнозов водного стока (погрешность до 25%);
- ✓ Сокращение количества и качества гидрометеорологических станций наблюдения;
- ✓ Недостаточная точность современных математических моделей прогнозирования.

Автоматизация водоучета на реке Амударья в контексте управления водными ресурсами представляет собой внедрение и использование цифровых технологий для улучшения мониторинга и управления водными ресурсами.

Ключевые аспекты концепции:

- **Сбор данных:** Использование современных технологий для непрерывного сбора данных о количестве и качестве воды, погодных условиях и состоянии инфраструктуры.
- **Автоматизация управления:** Внедрение автоматизированных систем управления водохранилищами, ирригационными системами и другой водной инфраструктурой.
- **Информационные системы:** Разработка интегрированных информационных систем для обмена данными и координации действий между различными заинтересованными сторонами.

Автоматизация водоучета реки Амударья преследует несколько ключевых целей:

Повышение эффективности водопользования:

- **Задача:** Внедрение системы автоматизированного управления водораспределением и водоучёта.

- Ожидаемый результат: Сокращение потерь воды и повышение продуктивности сельского хозяйства.

Обеспечение прозрачности водопользования:

- Задача: Внедрение систем учета водопользования на основе блокчейн-технологий и создание открытых информационных платформ.
- Ожидаемый результат: Снижение конфликтного потенциала в трансграничном водопользовании и повышение доверия между странами бассейна.

Цифровизация Амударьи – это не просто технический проект, а комплексная стратегия устойчивого развития всего региона.

Модернизация гидропостов и внедрение автоматизированных средств измерения

Модернизация гидрологического мониторинга становится необходимым шагом для эффективного управления водными ресурсами в современных условиях. Бассейн реки Амударья, один из крупнейших водных объектов Центральной Азии, нуждается в обновлении существующей сети гидропостов для улучшения качества и количества получаемых данных. Традиционные методы гидрологических измерений, основанные на ручном сборе данных, постепенно уступают место автоматизированным системам. Эти системы способны непрерывно собирать информацию о состоянии реки с высокой точностью, что особенно важно в условиях изменчивого климата региона. Основными компонентами модернизированного гидропоста являются автоматизированные гидропосты, оснащенные современными измерительными приборами, работающими в автоматическом режиме. Современные уровнемеры измеряют уровень воды с точностью до миллиметра. Расходомеры, использующие ультразвуковые или электромагнитные технологии, обеспечивают непрерывное измерение стока на гидропостах.

Для передачи собранных данных в центры обработки и анализа используются системы телеметрии. В районах с хорошим покрытием сотовой связи применяются GSM/GPRS модемы. Для удаленных участков реки, где мобильная связь недоступна, допустимо использование локальных радиосетей или спутниковых приёмо-передающих станций.

Модернизация гидропостов имеет ряд преимуществ. Повышение частоты и точности измерений позволяет получить более детальную картину

гидрологического режима реки. Доступ к данным в реальном времени улучшает прогнозирование паводков и управление водохранилищами. Автоматизация процессов измерения снижает эксплуатационные расходы и повышает безопасность персонала. Однако процесс модернизации сопряжен с определенными трудностями. Высокие начальные затраты на оборудование и его установку могут быть проблематичными для стран с ограниченными финансовыми ресурсами. Внедрение новых технологий требует обучения персонала работе с цифровым оборудованием и анализу больших объемов данных. Важным аспектом также является обеспечение кибербезопасности и защиты данных о водных ресурсах.

Несмотря на эти сложности, модернизация гидропостов в бассейне Амударьи необходима для более эффективного управления водными ресурсами региона. В условиях изменения климата и растущего водопотребления, точная и своевременная информация о состоянии реки играет ключевую роль в принятии обоснованных решений в области водной политики.

Модернизация существующей сети гидропостов.

Учет поверхностных речных вод в бассейне реки Амударья выполняется преимущественно национальными Гидрометеослужбами республик, а на инженерных водозаборных сооружениях водохозяйственными организациями Центральной Азии. Контроль работы водохозяйственного комплекса на трансграничных реках бассейна реки Амударья осуществляется по основным гидропостам, принадлежащим различным ведомствам государств:

На балансе БВО Амударья имеются – 170 гидропостов из них на межгосударственных каналах УПРАДИК – 96 гидропостов, ВДУ - 16, СДУ - 29, НДУ - 29.

Повышение качества гидрометрической информации в первую очередь связано с восстановлением (ремонт) гидропостов, гидростворов, оснащением их оборудованием, средствами измерения. Это позволит повысить точность как на существующих гидропостах, так и ввести в строй гидропосты, находящиеся в законсервированном состоянии.

Для восстановления работоспособности гидропостов на реке потребуются выполнить обследование и оценку текущего состояния каждого гидропоста, провести инженерное обследование существующих конструкций, разработать и согласовать проект реконструкции гидропостов, выполнить строительно-

монтажные работы, осуществить установку, наладку и калибровку гидрометрического и водомерного оборудования.

Создание современной системы гидрологических наблюдений, поможет решить комплекс проблем, связанных с мониторингом состояния водных объектов, прогнозированием развития гидрологических процессов и надежным учетом стока. Модернизация действующих, восстановление законсервированных, и открытие новых постов позволит достичь увеличения плотности и равномерного распределения наблюдательной сети. А внедрение современных средств наблюдений, вспомогательного оборудования и надежных систем связи повысит точность наблюдений и уровень надежности оперативной гидрологической информации.

Обзор автоматизированной системы водоучета

Для создания эффективной системы автоматизированного водоучета на трансграничной реке, в данном случае – на реке Амударья, пролегающей через территорию стран Центральной Азии, необходимо разработать комплексное решение, учитывающее технические, политические и экологические аспекты. Ключевые аспекты системы, которые необходимо учитывать на этапе разработки:

1. Единообразие оборудования и протоколов обмена данными для обеспечения максимальной совместимости и «безболезненного» наращивания и расширения сети.
 1. Это обеспечивает высокую совместимость всех компонентов системы. Упрощение обслуживания и снижение эксплуатационных расходов. Повышение качества и надежности данных.
 2. Возможность легкого расширения сети без необходимости значительных изменений в существующей инфраструктуре. При этом важно учитывать потенциальные вызовы, такие как высокие начальные затраты и необходимость достижения консенсуса между странами-участницами по выбору стандартов.
2. Многоуровневая структура с национальными диспетчерскими пунктами и единым информационным центром.
 1. Каждая из стран имеет свой НДП. Он отвечает за сбор и первичную обработку данных, прием информации со всех измерительных станций на территории страны, валидацию данных, выявление аномалий и ошибок измерений, мониторинг состояния оборудования, контроль работоспособности

измерительных станций, планирование технического обслуживания и ремонта, оперативное реагирование на сбои в работе оборудования, выявление тенденций и сезонных изменений, подготовка отчетов.

2. ЕИЦ координирует получение информации от всех НДП, производит интеграцию данных в единую базу, обеспечивает согласованность и совместимость данных, их хранение, и резервирование.
3. Использование современных технологий связи и обработки данных.
4. Обеспечение прозрачности и равного доступа к информации для всех стран-участниц.
5. Механизмы для совместного принятия решений и реагирования на чрезвычайные ситуации.

Оборудование систем автоматизированного водоучёта

Система автоматизированного водоучета, это система контроля и мониторинга за состоянием водных ресурсов, предоставляющая объективное и точное измерение показаний на заданных точках контроля (гидропостах).

Преимуществами автоматизированных водоизмерительных систем являются объективность данных, исключение человеческого фактора, влияние погодных условий, высокая точность измерений, оперативность получения данных, непрерывность мониторинга посредством передачи данных по каналам связи. Также система значительно облегчает труд диспетчеров, которым не приходится вести расчёты вручную, так как данные автоматически обрабатываются и рассчитываются программным обеспечением. Для осуществления ведения дистанционного мониторинга водных ресурсов на гидропостах необходимо применение водоизмерительного оборудования, тип и характеристики которого определяется в зависимости от режима и условий работы гидротехнического объекта.

Измерители уровня воды (уровнемеры)

На гидропостах, отвечающих за измерение горизонта воды, применяются измерители-уровнемеры. Данный прибор предусматривает возможность автономного функционирования в режиме записи и хранения результатов измерений с заданным интервалом опроса. Полученные показатели измерений передаются на сервер сбора данных по каналам сотовой связи посредством встроенного GSM модема, пересчитываются и отображаются согласно привязанным к гидрометрической рейке значениям. На рис. 1 представлены образцы уровнемеров.



Рис.1: Уровнемеры, ультразвуковые и радарные

Уровнемер — это прибор, измеряющий уровень, который является счетчиком непрямого действия. Под приборами непрямого действия подразумеваются устройства, которые определяют изменение уровня жидкости, не входя в непосредственный физический контакт с самой жидкостью. Для того, чтобы измерять или контролировать уровень, ряд контрольно-измерительных приборов включает в себя устройства, которые работают на основе принципа передачи звуковой или электромагнитной энергии в форме волн. Свойствами волн, измеряющих уровень, является их способность отражаться или отталкиваться от поверхности; их время прохождения, т.е. количество времени, за которое волны доходят до поверхности, отражаются от поверхности и возвращаются; и их частота.

Принцип работы:

- Устройство излучает ультразвуковой импульс по направлению к поверхности воды.
- Импульс отражается от поверхности и возвращается к приемнику излучаемого сигнала.

Уровень воды определяется на основе времени прохождения сигнала от излучателя к отражаемой поверхности и обратно к приёмнику сигнала.

Преимущества:

- Бесконтактный метод измерения (не требует погружения в воду).
- Высокая точность измерений (до ± 1 мм).
- Нечувствительность к изменениям плотности и электропроводности воды.
- Простота установки и обслуживания.

Недостатки:

- Возможны ошибки при наличии пены или волн на поверхности воды.
- Ограниченный диапазон измерений (обычно до 5-10 метров)

Применение:

- Измерение уровня воды в открытых каналах и небольших реках.

Радарные уровнемеры:

Принцип работы:

- Излучают радиоволны в направлении поверхности воды.
- Измеряют время прохождения отраженного сигнала.
- Используют различные технологии: импульсные, с частотной модуляцией.

Преимущества:

- Нечувствительность к температуре, давлению и составу газовой среды.
- Возможность измерения больших расстояний (до 70 метров и более).
- Высокая точность в сложных условиях (пар, пыль, турбулентность).

Недостатки:

- Относительно высокая стоимость.
- Возможны помехи от металлических объектов вблизи зоны измерения.
- Требуют тщательной настройки для работы в сложных условиях.

Применение:

- Измерение уровня воды в больших резервуарах и водохранилищах.
- Мониторинг уровня в реках с большими колебаниями уровня воды.
- Контроль уровня в сложных промышленных условиях.

Гидростатические преобразователи давления (пьезометры)

В резервуарах, водохранилищах, колодцах и скважинах для применения подходят прецизионные гидростатические преобразователи давления. Их принцип работы заключается в измерении давления водяного столба над измерительным элементом. Основным преимуществом данного прибора является возможность интеграции в системы с высокими требованиями к точности и стабильности измерений. Для передачи показателей измерения на сервер сбора данных, прибор должен быть оснащен контроллером с GSM терминалом. Отображение данных производится согласно привязанным к гидрометрической рейке значениям тарифированной сетки резервуара. На рис. 2 представлен образец измерителя.



Рис. 2: Гидростатические преобразователи давления

Эти высокоточные измерительные приборы, широко применяются в различных отраслях промышленности для определения уровня жидкостей в резервуарах и емкостях.

Ключевые преимущества включают:

- Высокую точность измерений
- Надежность и долговечность
- Возможность работы с агрессивными средами
- Простоту монтажа и обслуживания
- Стабильность показаний при изменении температуры окружающей среды

Типичный гидростатический преобразователь давления состоит из следующих основных элементов:

1. Чувствительный элемент (мембрана)
2. Измерительная ячейка
3. Электронный блок обработки сигнала
4. Корпус с кабельным вводом

Принцип работы основан на измерении гидростатического давления столба жидкости. Это давление прямо пропорционально высоте столба жидкости и ее плотности. Процесс измерения происходит следующим образом: Чувствительный элемент преобразователя погружается в жидкость, давление жидкости воздействует на мембрану преобразователя. Деформация мембраны преобразуется в электрический сигнал, электронный блок обрабатывает сигнал и преобразует его в значение уровня жидкости.

При использовании гидростатических преобразователей давления необходимо учитывать ряд факторов:

1. Плотность измеряемой жидкости: изменение плотности может влиять на точность измерений.

2. Температура среды: некоторые модели требуют температурной компенсации.

3. Наличие турбулентности или движение воды: эти факторы могут исказить показания.

4. Химическая агрессивность среды: необходимо выбирать материалы, устойчивые к воздействию измеряемой жидкости.

Радарные измерители скорости потока

С целью измерения скорости течения допустимо применение бесконтактных радарных измерителей скорости. Принцип работы данного прибора основан на измерении искажения колебаний ультразвуковых волн, отраженных от потока воды. Показания измерений передаются посредством GSM-терминала на сервер сбора данных, который в дальнейшем сопоставляет полученные данные скорости с показателями измерений уровня воды и профиля сечения. На рис.3 представлен образец радарного измерителя скорости потока.



Рис.3: Радарный измеритель скорости потока

Радарные измерители скорости потока основаны на эффекте Доплера. Принцип их работы можно описать следующим образом: Устройство

генерирует и направляет радиоволны определенной частоты на поверхность воды под заданным углом. Радиоволны отражаются от неоднородностей на поверхности воды (рябь, волны, частицы). Отраженный сигнал принимается антенной устройства. Устройство сравнивает частоту отраженного сигнала с частотой исходного сигнала. На основе разницы частот (эффект Доплера) вычисляется скорость движения воды. Полученные данные обрабатываются и преобразуются в удобный для пользователя формат.

Основные преимущества:

1. Не требуется погружение датчиков в воду, что особенно важно в условиях паводков или при наличии мусора в воде.
2. Радарные системы обеспечивают точность измерений до 99% от измеряемой величины.
3. Способны измерять скорость потока от нескольких сантиметров до десятков метров в секунду.
4. Устойчивы к различным погодным условиям и могут работать в широком диапазоне температур.
5. Не требуют сложных калибровок и регулярного обслуживания.

Ограничения и особенности применения

1. Зависимость от состояния поверхности воды:
2. Сильный дождь или снег могут влиять на точность измерений.
3. Требуется правильное позиционирование устройства относительно поверхности воды.
4. Радарные измерители обычно дороже традиционных контактных методов измерения скорости потока.

Типичный радарный измеритель скорости потока состоит из следующих основных компонентов:

1. Радарный сенсор: включает в себя передатчик и приемник радиосигналов.
2. Антенна: направляет радиоволны и принимает отраженный сигнал.
3. Процессор: обрабатывает полученные данные и выполняет необходимые расчеты.
4. Интерфейс пользователя: Дисплей и органы управления для настройки и считывания показаний.

Помимо бесконтактных моделей существуют измерители скорости погружаемые непосредственно в водоток.



Рис 4. Измерители скорости потока бокового действия

Акустический доплеровский профилограф для мониторинга скоростей потока, основным способом установки которого является боковой монтаж. можно использовать как в маленьких каналах, так и в широких реках. Сверхузкая ширина луча и подавление боковых помех позволяют прибору работать с максимальным горизонтальным диапазоном от границ поверхности или дна. В приборе применены интеллектуальные алгоритмы обработки данных, учитывающие параметры глубины, диапазона профилирования, скорости потока и его турбулентности. С помощью различных методов (когерентных, широкополосных и некогерентных) прибор самостоятельно адаптирует свою акустику к условиям эксплуатации. В них также реализована функция самодиагностики, в том числе датчика давления, автоматически вносящая поправку и минимизирующая смещение по атмосфере.

Ультразвуковой доплеровский расходомер

Расходомер предназначен для высокоточного измерения расхода безнапорных водоводов. Он одинаково эффективно работает как на открытых каналах, так и на реках. Принцип работы заключается в комплексном измерении уровня и скорости воды с привязкой к установленной площади сечения канала. Внешний контроллер прибора пересчитывает измеряемые показатели и отображает объем проходящего потока. Передача данных осуществляется посредством GSM-терминала. На рис.5 представлен образец радарного измерителя скорости потока.



Рис. 5: Ультразвуковой расходомер с контроллером

Расходомеры для открытых каналов представляют собой специализированные устройства, предназначенные для измерения объемного расхода воды в открытых водотоках, таких как реки, ирригационные каналы и другие подобные структуры.

Ультразвуковой доплеровский профилограф течений

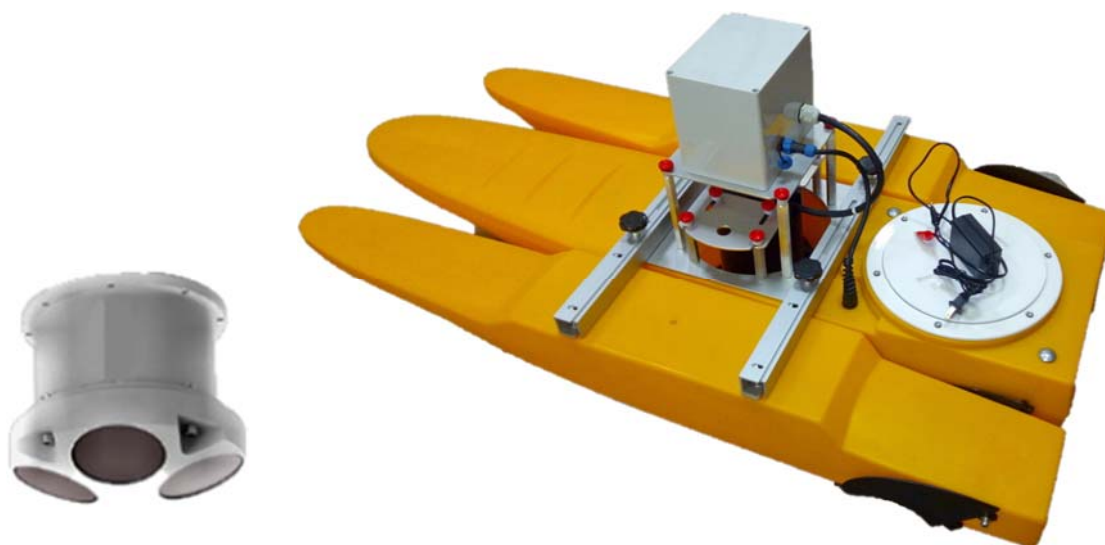


Рис. 6 Ультразвуковой доплеровский профилограф течений

Использование ультразвукового доплеровского профилографа позволяет производить пространственную съемку профиля русла. Профилограф, измеряет скорость и направление течений, используя эффект, который называется «Доплеровским смещением» Данный измерительный элемент необходим для своевременной калибровки профиля сечения русла на

гидропостах, где ложе реки подвержено изменениям своего сечения ввиду паводков или отложения донных наносов.

Акустический профилограф излучает короткий акустический импульс фиксированной частоты в воду, имеющиеся в воде отражатели возвращают сигнал к датчику. Отраженный импульс имеет сдвиг в частоте, пропорциональный скорости потока. Отраженный импульс обрабатывается для каждой ячейки глубины, чтобы получить вертикальную эпюру (профиль) скоростей. В принятой системе акустического профилирования используются два основополагающих допущения: первый - объект, отражающий сигнал, перемещается с потоком с той же скоростью, второй - все четыре луча выполняют измерения в одинаковых условиях. Объединяя данные 4 лучей, датчика направления, крена и дифферента профилограф в каждой ячейке глубины потока измеряет трехмерный вектор скорости потока с направлением на Восток, Север и Вверх. Профилограф измеряет скорость движения воды относительно датчика и скорость движения датчика относительно дна. Истинная скорость потока вычисляется как разность скорости, измеренной в ячейке и скорости перемещения датчика ADCP относительно дна.

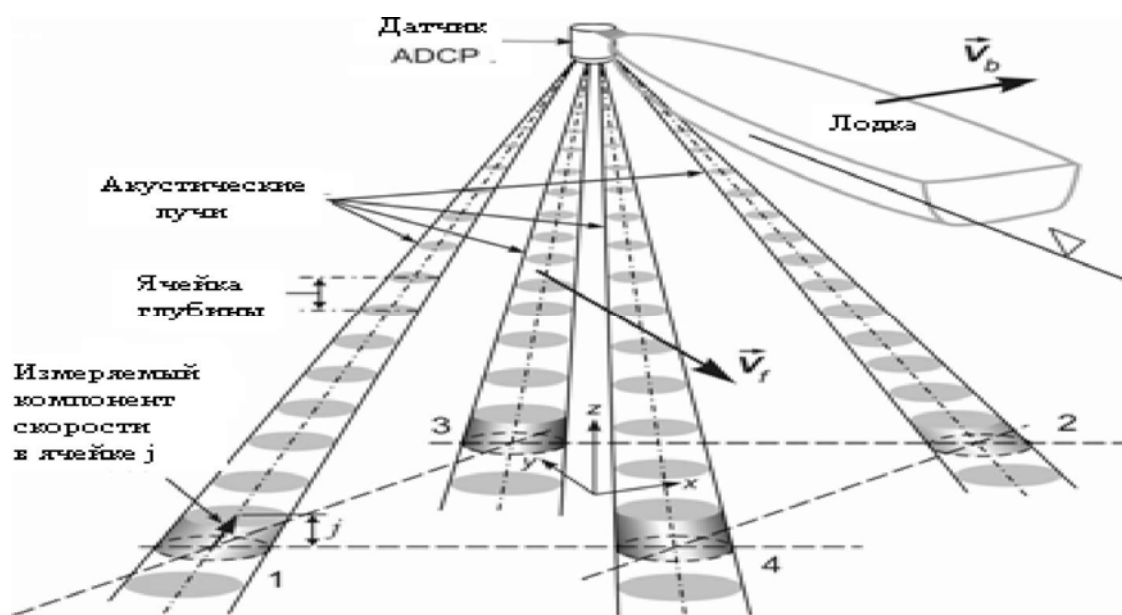


Рис. 7 Принцип измерения расхода воды с движущегося судна.

При пересечении поперечного сечения реки (канала) выполняется вертикальное профилирование скоростей течения и глубин потока и далее расход воды вычисляется суммированием расходов каждого ансамбля (вертикального сегмента с группой данных). Количество ячеек в вертикальном ансамбле, в которых выполняется измерение скоростных компонентов, рассчитывается автоматически в зависимости от максимальной глубины потока и выбранного режима профилирования или задается вручную с

помощью команды. Измерения в полевых условиях могут выполняться при использовании различных средств для перемещения приборов ADCP по воде в выбранном гидрометрическом створе.

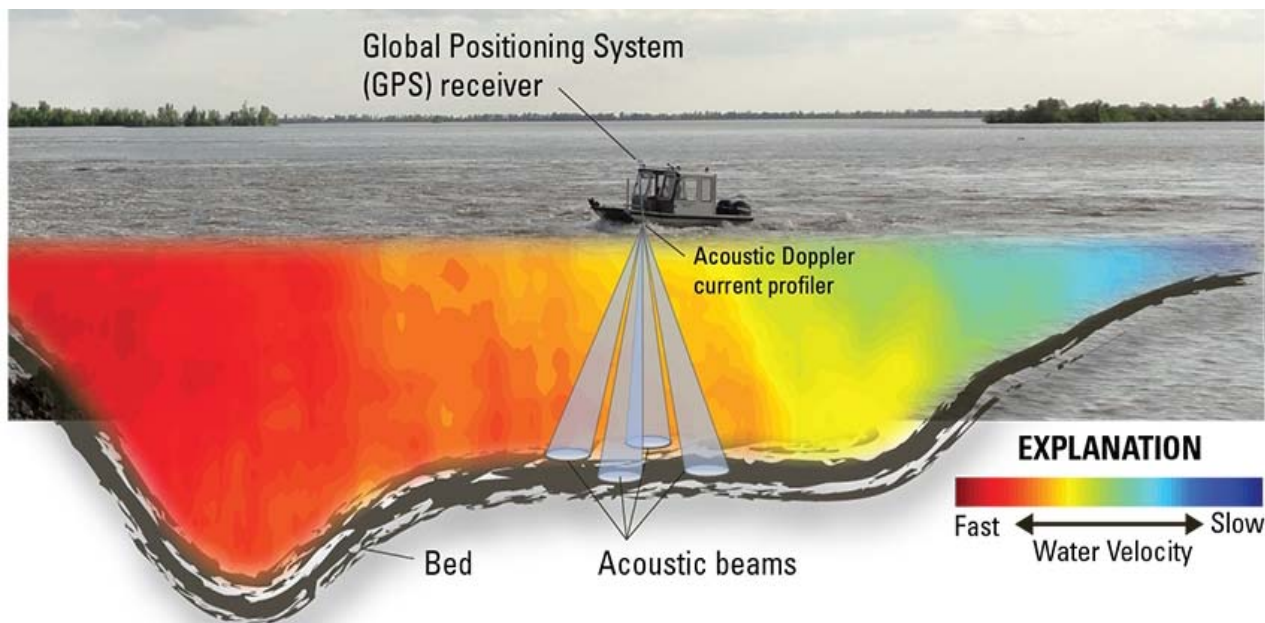


Рис. 8: Профилограф в процессе измерения течений и сечения русла

Выполнение измерения расхода воды методом «движущегося судна»

а) в начале измерения профилограф должен быть настроен на запись таким образом, чтобы получить наилучшие для выбранного места измерений данные. Для этого необходима ручная установка режима работы, размера ячейки глубины и глубины погружения ADCP. Компетентный специалист должен провести пробный проход (пересечение), чтобы определить пригодность выбранного места для измерений и применимость установленных рабочих параметров. При проведении пересечения специалист должен следить за процессом накопления и первичной обработки данных. Если погрешности будут слишком велики, может потребоваться смена места измерений. Уровень подготовки и опыт специалиста являются определяющими факторами при выборе наиболее подходящего створа для измерения и установке необходимых режимов слежения дна и воды;

б) измерение должно состоять не менее, чем из четырех пересечений, разбитых на пары, проходимые на встречных курсах, для компенсации возможных ошибок, связанных с направлением движения. Среднее квадратическое отклонение каждого измеренного расхода воды от его среднего значения не должно превышать 5 %. Если разброс превышает 5 %, необходимо провести дополнительные парные проходы для снижения погрешности измерения расхода воды;

- в) время одного пересечения створа, даже на маленькой реке не должно быть меньше трех минут. Для небольших рек, для которых это условие трудно выполнить, необходимо провести более четырех пересечений створа. Такая продолжительность измерений необходима для уменьшения ошибок, связанных с изменениями в потоке в течение времени измерения. Уменьшение продолжительности приведет к понижению качества регистрируемых данных;
- г) движение катамарана или лодки должно быть, как можно более ровным и стабильным; скорость судна не должна превышать скорости течения реки. Если скорость течения настолько мала, что лодка начинает терять маневренность, следует использовать направляющий трос для ровного движения вдоль створа и, тем самым, обеспечения полноты данных;
- д) начальная и конечная точки пересечения должны быть точно зафиксированы. Их близость к берегу определяется возможностью проводить измерения, по крайней мере, в двух ячейках глубины. Для обеспечения точности оценки расхода на отрезках створа от крайних точек до берегов (где нет возможности провести непосредственные измерения), необходимо, как можно, более точно знать длины этих отрезков. Их можно измерить с помощью рулетки или дальномера. В точках начала-конца записи могут быть установлены буи, обеспечивающие необходимую пространственную привязку к створу при проведении измерений;
- е) в тех местах, где есть крутые или вертикальные откосы берегов, измерения не должны проводиться на удалении от берега, не меньшем чем глубина реки в этом месте. В противном случае акустические сигналы могут искажаться помехами, отраженными от берегового склона. Необходимо знать, что акустический сигнал, отраженный от стенки, будет мощнее, чем сигнал от водной толщи, а его доплеровский сдвиг, будет показывать не скорость течения, а «скорость берега», т.е. стремиться к нулю;
- ж) для оценки расходов в прибрежных зонах (то есть, между крайними точками измерений и берегами) необходимо остановиться в крайних точках (в начале и в конце каждого пересечения) и, не прерывая запись, удерживать лодку в стационарном положении. Время записи в таком положении должно быть достаточно продолжительным, чтобы зафиксировать не менее 10 пингов (обычно, 5-10 с), чтобы обеспечить правильность оценки расходов воды в прибрежных отсеках;
- з) крен и дифферент промерного судна должны быть минимальными при работе и не превышать 5° ;

и) необходимо следить за тем, чтобы непосредственные измерения скоростей течения и расходов покрывали не менее 50 % общей площади живого сечения потока. Это достигается за счет выбора правильной модели профилографа и установок, наиболее подходящих для гидromетрического створа режимов измерения.

Сравнительная таблица оборудования для водоучета

Таблица №1

Тип оборудования	Принцип работы	Погрешность	Преимущества	Недостатки	Применение
Ультразвуковой уровнемер	Измерение времени прохождения ультразвукового сигнала	$\pm 0.25\%$ от измеряемого расстояния	Бесконтактное измерение, не зависит от плотности и состава жидкости	Чувствительность к температуре и влажности воздуха	Измерение уровня воды в открытых каналах и резервуарах
Радарный уровнемер	Измерение времени прохождения радиоволн	± 3 мм	Высокая точность, нечувствительность к изменениям температуры и давления	Высокая стоимость	Измерение уровня воды в сложных условиях (турбулентность, пена)
Гидростатический датчик уровня	Измерение давления столба жидкости	$\pm 0.1\%$ от диапазона измерений	Простота установки, надежность	Зависимость от плотности жидкости, необходимость компенсации атмосферного давления	Измерение уровня в скважинах, резервуарах, водохранилищах и иных инфраструктурных объектах
Доплеровский расходомер	Измерение скорости потока на основе эффекта Доплера	$\pm 1\%$ от измеряемой величины	Возможность измерения в загрязненных жидкостях, отсутствие движущихся частей	Необходимость наличия взвешенных частиц в потоке	Измерение расхода в открытых каналах, руслах, водотоках и трубах
Электромагнитный расходомер	Измерение ЭДС, индуцируемой в потоке проводящей жидкости	$\pm 0.5\%$ от измеряемой величины	Высокая точность, независимость от вязкости и плотности	Применим только для электропроводящих жидкостей	Измерение расхода в закрытых трубопроводах, применимо на насосных станциях, трубопроводах-водоводах, итд.
Акустический профилограф сечения (ADCP)	Измерение скорости потока с помощью эффекта Доплера в различных слоях	$\pm 1\%$ от измеряемой величины	Возможность измерения профиля скоростей по глубине и ширине потока	Высокая стоимость, сложность интерпретации данных	Измерение расхода и профиля скоростей в крупных реках

Выбор оборудования для автоматизации гидропостов в контексте реки Амударья.

Выбор водоизмерительных приборов для реки Амударьи и ее притоков зависит от различных факторов, включая расположение, скорость течения, ширину реки, глубину, наличие взвешенных частиц и сезонные колебания. При выборе необходимо учитывать экстремальные природные условия, особенно в верхнем течении реки. Важно обеспечить надежность и автономность работы оборудования, а также его защиту от возможных повреждений. Интеграция различных типов приборов в единую автоматизированную систему мониторинга позволит получать наиболее полную и точную картину водопользования в бассейне реки Амударья, даже в труднодоступных районах.

Основные факторы, влияющие на выбор измерительного оборудования:

1. Характеристики гидропоста
2. Диапазон измеряемых расходов
3. Требуемая точность измерений
4. Характеристики водотока (ширина, глубина, уклон)
5. Наличие взвешенных частиц или загрязнений
6. Климатические условия
7. Доступность источника энергии
8. Необходимость в удаленном мониторинге
9. Покрытие сети оператора, удаленность от населенных пунктов.

Проблемы и ограничения

1. Сложность калибровки в полевых условиях
2. Влияние изменений геометрии водотока на точность измерений
3. Уязвимость к экстремальным погодным условиям
4. Необходимость регулярного обслуживания
5. Высокая стоимость высокоточных систем

Поскольку течение в верховьях реки может иметь беспокойный характер, для гидропостов располагающихся в верхнем течении в горных районах, на гидропостах рек Вахш, Пяндж, Кафирниган и их притоков, на удалении от населенных пунктов и инфраструктуры предлагается использовать радарные уровнемеры и измерители скорости потока с автономным питанием и при отсутствии покрытия оператором мобильной сети, или при нестабильном ее покрытии – с резервным каналом передачи данных посредством спутниковой

связи. Это позволит обеспечить стабильный прием информации с автоматизированных гидропостов, а автономные источники питания, укомплектованные солнечными панелями, позволят уменьшить частоту обслуживания гидропостов, что несомненно важно, ввиду их расположения на труднодоступных горных и/или приграничных территориях.

В зонах среднего и нижнего течения, где течение реки стабилизировано и относительно спокойно, на гидропостах предлагаемых к автоматизации допустимо использовать ультразвуковые уровнемеры. На гидропостах отводящих каналов при наличии подпора в нижнем течении предполагается установка расходомеров для исключения влияния подпора на результат измерений.

На трубопроводах насосных станций отводящих каналов предлагаются к использованию электромагнитные расходомеры. Если гидропосты находятся в непосредственной близости к населенным пунктам, и доступ к ним не имеет препятствий, то нет необходимости оснащать оборудование дополнительными источниками резервного питания, поскольку весь процесс обслуживания будет включать в себя лишь замену аккумуляторов - источников питания для их последующей перезарядки.

На гидропостах располагающихся на нейтральной территории между странами предлагается к использованию дополнительных автономных источников питания для минимизации участия диспетчера/оператора в работе приборов на гидропостах. Поскольку в среднем и нижнем течениях покрытие мобильного оператора обеспечивает стабильную связь – необходимость в резервных источниках передачи данных отсутствует. Одна из основных проблем организации водоучета на реке Амударья заключается в нестабильности профиля сечения русла в связи с отложениями наносов и ввиду этого необходимость постоянной корректировки расчетных зависимостей уровня от расхода воды в реке. Поэтому для проведения периодической калибровки и измерения профиля сечения русла предполагается интервальное сканирование русла реки на гидропостах профилографом.

На гидропостах водохранилищ предполагается установка гидростатических преобразователей давления, поскольку данный вид измерительных приборов наименее подвержен влиянию климатических факторов и обеспечивает высокую точность измерения, что в контексте измерения объема запасов воды в водохранилище немаловажно. Гидростатические преобразователи давления должны быть оснащены приемо-передающими терминалами, для передачи данных о результатах измерений в НДП.

Системы телеметрии:

В контексте управления трансграничными водными ресурсами, системы телеметрии играют ключевую роль в обеспечении непрерывного мониторинга и передачи данных с удаленных гидрологических постов. Три основных технологий телеметрии, доступных к применению в системе управления водными ресурсами реки, протекающей через территорию государств Центральной Азии: GSM/GPRS модемы, локальные радиосети и спутниковая связь.

GSM/GPRS модемы для передачи данных

GSM/GPRS модемы используют инфраструктуру сотовой связи для передачи данных. Эта технология основана на пакетной передаче данных через сети 2G, 3G или 4G, и обеспечивает эффективную связь в районах с хорошим покрытием сотовой сети, (обычно в непосредственной близости к населенным пунктам, итд).

Преимущества

Относительно низкая стоимость оборудования и эксплуатации

Возможность двусторонней связи для удаленной конфигурации

Ограничения

Зависимость от наличия и качества сотового покрытия

Потенциальные перебои в работе при перегрузке сети

Применение в системе

GSM/GPRS модемы можно использовать на гидропостах, расположенных в зонах с устойчивым сотовым покрытием, преимущественно в нижнем и среднем течении реки.

Локальные радиосети (LoRaWAN, радиорелейная связь)

Локальные радиосети используют специализированные радиочастотные протоколы для передачи данных на короткие и средние расстояния. Эта технология часто применяется для создания mesh-сетей, где каждый узел может служить ретранслятором для других узлов.

Преимущества

- Низкое энергопотребление, автономность
- Независимость от сторонней инфраструктуры связи (прим. Мобильная связь)

- Высокая отказоустойчивость благодаря mesh-топологии
- Возможность создания плотной сети датчиков (на объектах автоматизации с большим скоплением измерительного оборудования в одной точке организация локальной радиосети позволит экономить затраты на оплату передачи данных)
- Большой радиус действия при низком энергопотреблении
- Возможность работы от батарей в течение длительного времени

Ограничения

- Ограниченный радиус действия
- Необходимость построения собственной инфраструктуры ретрансляторов

Технология модуляции LoRa (Long Range) представляет собой метод модуляции, который обеспечивает значительно большую зону покрытия, чем другие конкурирующие с ним способы. Модуляция LoRa является физическим уровнем, а LoRaWAN (Long Range Wide-Area Networks, LoRaWAN) — это MAC-протокол для сетей с большим радиусом действия и низким потреблением мощности, который стандартизирован для маломощных глобальных сетей (Low Power Wide Area Networks, LPWAN) с протоколом связи типа «звезда». Протокол LoRaWAN оптимизирован для малобюджетных сенсоров с работой от батарей и включает в себя различные классы узлов, обеспечивая компромисс между скоростью доставки информации и временем работы устройств при использовании питания от батарей/аккумуляторов. Протокол обеспечивает полную двустороннюю связь, а архитектура (посредством специальных методов шифрования) обеспечивает общую надежность и безопасность всей системы. Шлюзы LoRa предназначены для использования в радиальных звездообразных сетевых архитектурах большого радиуса действия, они используются в системе LoRaWAN. Из-за свойств технологии LoRa эти шлюзы могут представлять собой многоканальные мультимодемные трансиверы, которые способны выполнять демодуляцию на нескольких каналах одновременно, и даже одновременную демодуляцию множества сигналов на одном и том же канале. Шлюзы служат в качестве интерфейса в виде прозрачного моста для передачи сообщений между конечными устройствами и центральным сервером сети. Шлюзы подключаются к сетевому серверу через стандартные IP-соединения, а конечные устройства используют односкачковую беспроводную связь к одному или нескольким шлюзам. Все конечные точки связи, как правило, являются двунаправленными. Скорость передачи данных по протоколу LoRaWAN варьируется от 0,3 до 37,5 кбит/с, что для передачи информации с

измерительных приборов на автоматизированных гидропостах является достаточным.

Радиорелейная связь

Радиопередатчики, помимо их использования в радиовещании и радиосвязи, являются необходимой составной частью всех электронных устройств, которые обмениваются информацией друг с другом по радио, например, мобильные телефоны, беспроводные компьютерные сети, Bluetooth-совместимые устройства, радиолокационные станции и т. д. Самостоятельно радиопередатчики используются в тех областях, где не нужен приём информации в месте её передачи — сигналы точного времени, разнообразные навигационные радиомаяки для определения местоположения объектов, многопозиционная радиолокация, радиовещание, дистанционное управление, телеметрия и т. д.

Как правило, под радиорелейной связью понимают радиорелейную связь прямой видимости. При построении радиорелейных линий связи, антенны радиорелейных станций располагаются в пределах прямой видимости. Для устойчивой радиосвязи антенны соседних радиорелейных станций располагают на естественных возвышенностях или специальных мачтах таким образом, чтобы трасса распространения радиоволн не имела препятствий. С учётом ограничения на необходимость наличия прямой видимости между соседними станциями дальность радиорелейной связи ограничена, как правило, 40 — 50 км. Принцип действия радиорелейной связи основан на передаче закодированной информации посредством радиоволн. Если расстояние между объектами больше, чем зона покрытия передатчика, или прохождение сигнала затруднено из-за различных факторов, то используют специальные устройства – ретрансляторы, которые являются промежуточным передаточным звеном, принимая, обрабатывая и передавая сигнал по цепочке к получателю.

Принцип радиорелейной связи стал основой для новой технологии, когда ретрансляторы были выведены на околоземную орбиту. Так возникла спутниковая связь, которая могла обеспечить стабильный приём и передачу сигналов в любой точке планеты.

Спутниковая связь (Геостационарные GEO, Низкоорбитальные LEO)

Спутниковая связь — вид космической радиосвязи, основанный на использовании в качестве ретрансляторов искусственных спутников. Она осуществляется между так называемыми земными станциями, которые могут быть как стационарными, так и подвижными.

Спутниковая связь является развитием традиционной радиорелейной связи путём вынесения ретранслятора на очень большую высоту. Так как максимальная зона его видимости в этом случае — почти половина Земного шара, то необходимость в цепочке ретрансляторов отпадает — в большинстве случаев достаточно и одного. Спутниковая связь использует орбитальные спутники для передачи данных между наземными станциями и центрами обработки. Эта технология обеспечивает глобальное покрытие, включая самые удаленные и труднодоступные районы. Ретрансляторы оборудованы электронной аппаратурой для приема, обработки, усиления и ретрансляции сигнала. Спутник может использовать несколько независимых каналов, осуществляющих эти операции, каждый из которых работает с определённой частью спектра. Спутниковая связь находит применение в организации канала связи между интернет-провайдером и клиентом, особенно в местах со слабо развитой инфраструктурой, или при полном ее отсутствии.

Основные системы, используемые в мире - Iridium (LEO), Globalstar (LEO), Inmarsat (GEO), Thuraya (GEO), новые системы: Starlink, OneWeb (LEO).

Геостационарные системы располагаются на орбите высотой около 35000 километров над землёй. На такой высоте период обращения спутника вокруг Земли совпадает с периодом вращения планеты, что позволяет спутнику оставаться неподвижным относительно поверхности. Это дает возможность обеспечить постоянное покрытие определенной территории при использовании всего нескольких спутников. Однако такая высота орбиты приводит к значительной задержке передачи сигнала - около 250 мс.

Низкоорбитальные системы располагаются на высотах от 160 до 2000 километров. Спутники на таких орбитах движутся относительно поверхности Земли, что требует использования большого количества спутниковых ретрансляторов для обеспечения бесперебойного покрытия. Преимуществом LEO систем является существенно меньшая задержка сигнала - около 40 мс, и поскольку орбита спутников находится ниже – меньшая мощность приёмо-передающих устройств, что делает их более подходящими для организации связи в труднодоступных районах.

Обе системы обеспечивают скорость передачи данных в широком диапазоне - от нескольких килобит до мегабит в секунду, причем современные системы способны предоставлять еще более высокие скорости. Но в контексте автоматизации и передачи данных с гидропостов удалённых районов не имеет значения, поскольку даже канал с минимальной пропускной способностью

удовлетворяет обеспечению связью между измерительным прибором и сервером сбора данных.

Преимущества

- Глобальное покрытие, включая самые удаленные районы
- Независимость от наземной инфраструктуры связи
- Высокая надежность связи в чрезвычайных ситуациях

Ограничения

- Высокая стоимость оборудования и услуг связи
- Относительно высокое энергопотребление
- Потенциальные перебои связи при неблагоприятных погодных условиях (для GEO систем)

Применение

- Мониторинг удаленных водных объектов (ледники, высокогорные озера)
- Отслеживание паводковой ситуации в труднодоступных районах
- Сбор данных с океанографических буев

Спутниковая связь незаменима для мониторинга в самых удаленных и труднодоступных районах, обеспечивая глобальное покрытие особенно в верховьях реки и горных притоках. Также применяется как резервный канал связи для критически важных постов. Для обеспечения максимальной эффективности и надежности, в системе управления водными ресурсами применяется гибридный подход, сочетающий все три технологии телеметрии: Основной канал связи, выбирается в зависимости от местоположения гидропоста и доступности инфраструктуры. Резервные каналы связи обеспечивают отказоустойчивость системы. Комплексное применение различных технологий телеметрии позволяет создать надежную и эффективную систему сбора данных. Выбор оптимальной технологии для каждого конкретного гидропоста зависит от ряда факторов, включая географическое положение, доступность инфраструктуры связи, энергетические ресурсы и критичность собираемых данных.

Экономические выгоды и затраты на цифровизацию

Внедрение цифровых технологий требует значительных инвестиций, но может принести существенные экономические выгоды в долгосрочной перспективе.

Основные статьи затрат:

1. Инфраструктурные инвестиции:

- Закуп измерительного оборудования
- Установка сенсоров и систем телеметрии
- Модернизация систем управления водохранилищами и ирригационными системами
- Развитие телекоммуникационной инфраструктуры

2. Разработка программного обеспечения:

- Создание интегрированных систем управления водными ресурсами
- Разработка мобильных приложений и онлайн веб-интерфейсов для водопользователей
- Внедрение систем поддержки принятия решений

3. Обучение персонала:

- Повышение квалификации существующих специалистов
- Подготовка новых кадров в области цифровых технологий водного хозяйства
- Проведение информационных кампаний для водопользователей

Потенциальные экономические выгоды:

1. Прямые экономические эффекты:

- Снижение затрат на эксплуатацию водохозяйственных систем
- Оптимизация производства гидроэлектроэнергии

2. Косвенные экономические эффекты:

- Развитие новых секторов экономики, связанных с цифровыми технологиями
- Повышение инвестиционной привлекательности региона
- Снижение экономических потерь от засух и наводнений

Анализ затрат и выгод:

- Необходимость долгосрочного планирования (горизонт 10-20 лет)
- Учет не только финансовых, но и социальных и экологических выгод
- Важность поэтапного внедрения для распределения затрат и оценки эффективности

Социальные последствия и адаптация населения к новым технологиям

Цифровизация водного сектора может оказать значительное влияние на социальную структуру и образ жизни населения в бассейне Амударьи.

Потенциальные социальные изменения:

1. Трансформация рынка труда:

- Появление новых профессий в области цифрового управления водными ресурсами
- Сокращение потребности в низкоквалифицированном труде в сельском хозяйстве
- Повышение спроса на специалистов в области ИТ

2. Изменения в сельских сообществах:

- Модернизация традиционных методов ведения сельского хозяйства
- Потенциальное увеличение разрыва между "цифровыми" и "нецифровыми" фермерами
- Изменение роли традиционных институтов управления водными ресурсами

3. Влияние на гендерное равенство:

- Новые возможности для женщин в цифровом секторе водного хозяйства
- Потенциальные вызовы, связанные с доступом женщин к новым технологиям

Стратегии адаптации населения:

1. Информационные кампании:

- Разъяснение преимуществ цифровизации для различных групп населения
- Демонстрационные проекты для показа практических результатов

2. Программы поддержки:

- Финансовая помощь мелким фермерам для внедрения цифровых технологий
- Создание общественных центров доступа к цифровым сервисам.

3. Вовлечение местных сообществ:

- Учет традиционных знаний и практик при разработке цифровых решений

- Создание механизмов обратной связи для учета мнений всех заинтересованных сторон

Образовательные программы и повышение цифровой грамотности

Успех цифровизации водного сектора во многом зависит от уровня цифровой грамотности населения и наличия квалифицированных кадров.

Ключевые направления образовательных программ для повышения грамотности населения в контексте цифровизации водного сектора:

1. Школьное образование:

- Внедрение курсов по основам цифровых технологий в водном хозяйстве
- Организация экскурсий и практических занятий на места цифровизированных объектов водного хозяйства

2. Высшее образование:

- Создание новых специальностей на стыке водного хозяйства и ИТ
- Модернизация существующих программ с учетом цифровых технологий
- Развитие международных образовательных программ и программ по обмену опытом.

3. Профессиональная переподготовка:

- Курсы повышения квалификации для работников водного хозяйства
- Программы переобучения для работников, чьи профессии могут устареть

4. Программы цифровой грамотности для населения:

- Базовые курсы по использованию цифровых инструментов в водопользовании
- Обучение пожилых людей использованию приложений для мониторинга водопотребления

Формы реализации образовательных программ:

- Онлайн-курсы и вебинары
- Мобильные образовательные центры для удаленных районов

Учет социально-экономических аспектов цифровизации критически важен для успешной реализации проектов в бассейне Амударьи. Необходимо не только внедрять технологии, но и обеспечивать их принятие обществом, минимизировать негативные социальные последствия и максимизировать потенциальные выгоды для всех групп населения. Комплексный подход к цифровизации, учитывающий экономические, социальные и образовательные

аспекты, позволит создать устойчивую систему управления водными ресурсами, отвечающую потребностям всех заинтересованных сторон.

Пример организации водоучёта НДП на реке Амударья на территории Туркменистана.

Вариант 1.



Рис. 9 Схема расположения гидропостов Амударьи на территории Туркменистана

На территории Туркменистана гидропосты реки Амударья могут быть автоматизированы и оснащены ультразвуковыми уровнемерами с передачей данных на диспетчерский пункт посредством сети мобильной связи. В неё включены гидропосты реки Амударья на территории Туркменистана, включая гидропост вблизи на 518 км реки Амударья и водовыпуск в Туркмендерья с Туямуюнского гидроузла. На гидропосте 518 километра предполагается установка ультразвукового доплеровского скоростемера с ультразвуковым уровнемером. В данной точке, существует вероятность возникновения подпора в нижнем течении от чаши Руслового водохранилища Туямуюнского гидроузла, поэтому измерения уровня на данной точке будет недостаточным. Также необходима организация интервального сканирования профиля сечения ультразвуковым доплеровским профилографом, для последующей калибровки расчета, поскольку отложение наносов будет сказываться на изменении сечения русла, что приведет к возникновению погрешности в измерении. Такая система позволит вести мониторинг течения реки Амударья по территории Туркменистана, а гидропосты на 518 км и водозабор в Туркмендерья позволят математически получить объем стока, проходящий

далее, ниже по течению, без детальной разбивки водозабора по гидропостам Туямуюнского гидроузла.

Основные гидропосты предлагаемые к автоматизации:

Гидропост № 1: Гидропост Керки (1034 км р. Амударья)

Гидропост № 2: Гидропост Туркменабад (820 км р. Амударья)

Гидропост № 3: Гидропост Дарган-ата (611 км р. Амударья)

Гидропост № 4: Гидропост Дюль-дюль (518 км р. Амударья)

Гидропост № 5: Туркмендерья

Также рекомендуется восстановить законсервированные гидропосты Ильчик и Гарабекевул. В первую очередь необходима автоматизация наблюдательных гидропостов, следующим шагом в развитии сети автоматизации могут быть добавлены гидропосты отводящих каналов, насосных станций, и иных точек водозабора с русла реки. Данные с НДП могут быть синхронизированы с ЕИЦ посредством каналов передачи данных.

Вариант 2.



Рис. 10 Схема расположения гидропостов Амударьи на территории Туркменистана включая ТМГУ

Поскольку Туямуюнский гидроузел располагается на территории Туркменистана, в этом варианте дополнительно к предыдущему добавлены Левобережный, Правобережный отводящие каналы, Туркмендерья, гидропосты чаш водохранилищ, водоводы и непосредственно русло реки Амударья ниже ТМГУ. В данном случае автоматизация водоучёта не ограничивается одними уровнемерами, поскольку ввиду наличия шлюзов и перегораживающих сооружений есть вероятность возникновения подпора в нижнем течении на отводящих каналах, поэтому для организации

автоматизированного водоучета предлагается установка ультразвуковых расходомерных комплексов. В чашах водохранилищ предполагается установка гидростатических преобразователей давления, с привязкой их показателей измерения к тарифованным таблицам запасов воды в чаше уровень/объем. Данные измерительные приборы предлагается установить в чашах водохранилищ Султан-Санджар, Капарас и Русловое. В нижнем течении русла Амударьи, после шлюзов Туямуюнского гидроузла предполагается установка ультразвуковых уровнемера и скоростемера, как это предлагается для гидропоста на 518 км реки Амударья.

Перечень гидропостов в данном варианте будет выглядеть так:

Гидропост № 1: Гидропост Керки (1034 км р. Амударья)

Гидропост № 2: Гидропост Туркменабад (820 км р. Амударья)

Гидропост № 3: Гидропост Дарган-ата (611 км р. Амударья)

Гидропост № 4: Гидропост Дюль-дюль (п.Лебап) (518 км р. Амударья): река Амударья, вход в Туямуюнское водохранилище.

Гидропост № 5: чаша Руслового водохранилища, водовыпуск с Туямуюнского гидроузла, верхний бьеф сооружения.

Гидропост № 6: чаша водохранилища Капарас.

Гидропост № 7: чаша водохранилища Султансанджар.

Гидропост № 8: правобережный магистральный канал, водовыпуск с Туямуюнского гидроузла, нижний бьеф сооружения.

Гидропост № 9: река Амударья, водовыпуск с Туямуюнского гидроузла, нижний бьеф сооружения.

Гидропост № 10: левобережный магистральный канал, водовыпуск с Туямуюнского гидроузла, нижний бьеф сооружения.

Гидропост № 11: Туркмендерья, водовыпуск с Туямуюнского гидроузла, нижний бьеф сооружения.

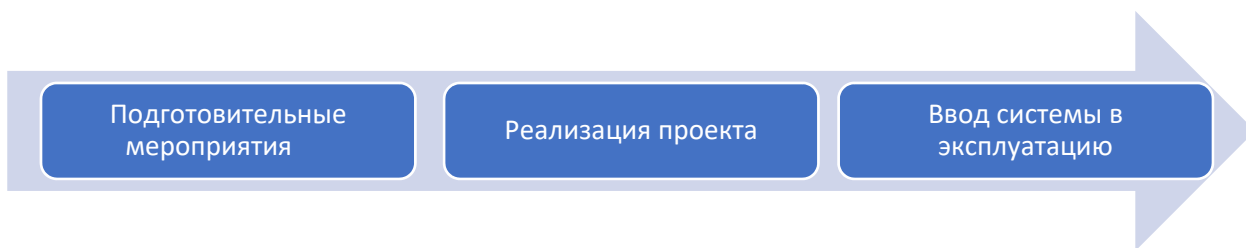
Гидропост № 12: водовод 1, водовыпуск с Туямуюнского гидроузла, нижний бьеф сооружения

Гидропост № 13: сбросное сооружение в русло реки Амударья

Гидропост № 14: водовод 2 водовыпуск с Туямуюнского гидроузла, нижний бьеф сооружения

Организация связи и передачи данных может быть организована по иерархии НДП – ЕИЦ, а также на параллельной двусторонней основе между Узбекистаном и Туркменистаном, поскольку ТМГУ хоть и располагается на территории Туркменистана, но оперируется узбекской стороной.

Пример успешных проектов реализации автоматизации водочета в Туркменистане



К подготовительным мероприятиям относятся:

- Сбор информации
- Технический анализ
- Техническое задание на Программное обеспечение
- Определение типа оборудования
- Закуп оборудования
- Проект обустройства гидростов под оборудование

К стадии реализации проекта относятся:

- Обустройство гидростов под оборудование
- Регламент функционирования системы
- Исходные данные по гидростам
- Разработка Программного обеспечения
- Установка оборудования
- Подключение оборудования к системе

К стадии ввода систем в эксплуатацию относятся:

- Настройка и ввод оборудования в рабочий режим
- Тестирование системы
- Обучающие тренинги по работе с системой и оборудованием для сотрудников водного сектора
- Ввод в эксплуатацию

Кейс 1: Автоматизация водоучета на реке Мургаб, Туркменистан

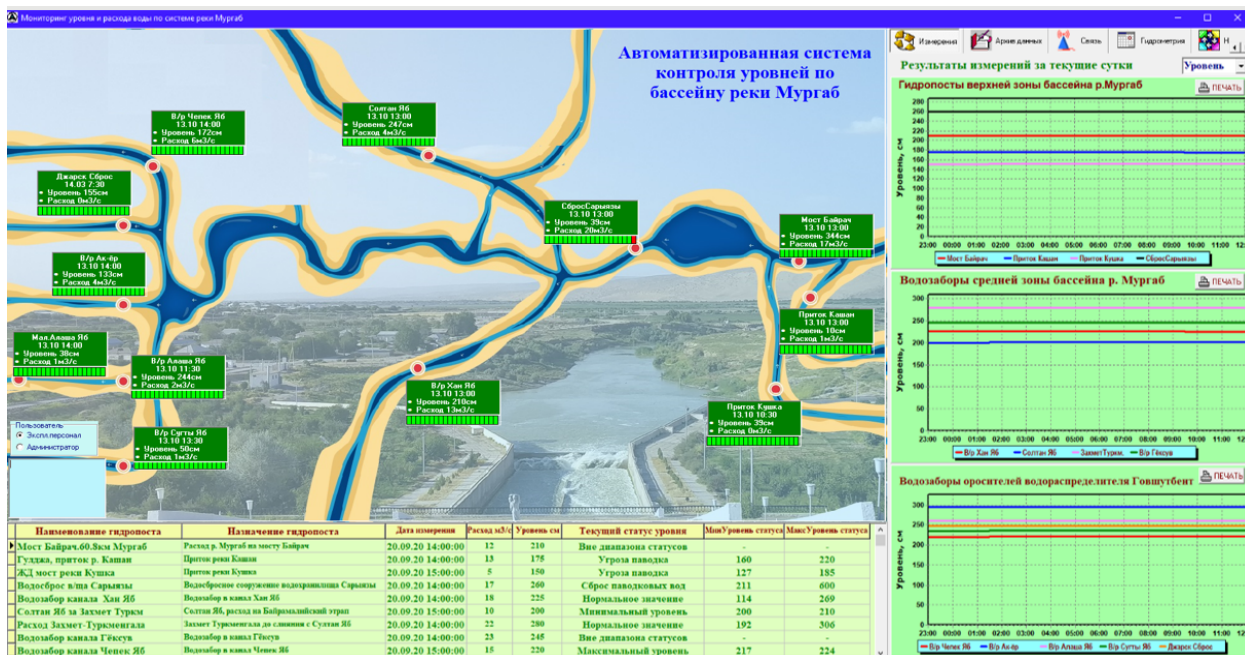


Рис. 11 Программное Обеспечение автоматизированной системы водоучета на реке Мургаб, Туркменистан.

Мургаб — трансграничная река, берущая начало в Афганистане и продолжающая свое течение в Туркменистане. Длина реки 978 км, площадь бассейна 46 900 км². Питание в основном снеговое. Средний расход воды у поселка Тагтабазар, около 50 м³/с. Средняя мутность воды 4500 г/м³.

Автоматизированная система водоучета на реке Мургаб, была первой, пилотной системой автоматизированного водоучета в Туркменистане реализованной в рамках проекта Smart Waters в 2020 году. Данная система подразумевала установку измерительных приборов на основных гидропостах ствола реки верхней зоны (Притоки реки Кашан и Кушка, Русло реки Мургаб в Тагтабазаре, гидропост Сарыязы, отводящие магистральные каналы Хан-яб и Солтан-яб в средней зоне течения реки, а также распределительный узел Говштубент в нижней зоне течения реки, с каналами Алаша яб, Сутты яб, Чепек яб, Ак ер, Джарский сброс и малый Алаша.



Рис. 12 Автоматизированные гидропосты на реке Мургаб

Диспетчерские пункты располагаются в управлении «Марысувходжалык», здесь диспетчера видят информацию с автоматизированных гидропостов в реальном времени, что позволяет вести круглосуточный мониторинг и оперативно получать результаты измерений суточных, месячных, декадных показателей расходов как на гидропостах ствола реки, так и на отводящих каналах реки, и усредненные показатели по гидропостам также отображаются на диспетчерском пункте в Государственном комитете водного хозяйства Туркменистана.

Результаты:

- Повышение прозрачности водопользования
- Непрерывный мониторинг
- Цифровизация водного сектора

Ключевые факторы успеха:

- Инновационные технические решения
- Вложения в модернизацию инфраструктуры
- Вовлечение в процесс обучения заинтересованных лиц.

За прошедшие 4 года, система показала успешный результат внедрения, и по результатам внедрения данной системы, ввиду его успешной реализации, с учетом предыдущих наработок в ходе реализации проекта, был предложен к разработке и внедрению следующий глобальный проект по автоматизации водоучёта Каракум-реки.

Кейс 2: Автоматизация водоучета на реке Каракум, Туркменистан

Обслуживанием и эксплуатацией Каракум реки и включающих его в себя гидротехнических сооружений занимается Производственное Объединение «Гарагумдерьясувхожалык» (организация подведомственная Государственному комитету водного хозяйства Туркменистана). Система управления иерархичная, централизованная. Имеется 9 районных отделений Гарагумдерьясувхожалык, каждое из которых обслуживает определенный участок реки, и гидротехнические сооружения, располагающиеся на русле в подведомственной территории. При подобной структуре управления необходим централизованный сбор данных: так Ассоциация Гарагумдерьясувхожалык будет получать данные с автоматизированных систем водоучета в каждом из районов для комплексного мониторинга. Районные управления могут использовать данные с автоматизированных систем для быстрого реагирования на изменения водной обстановки.

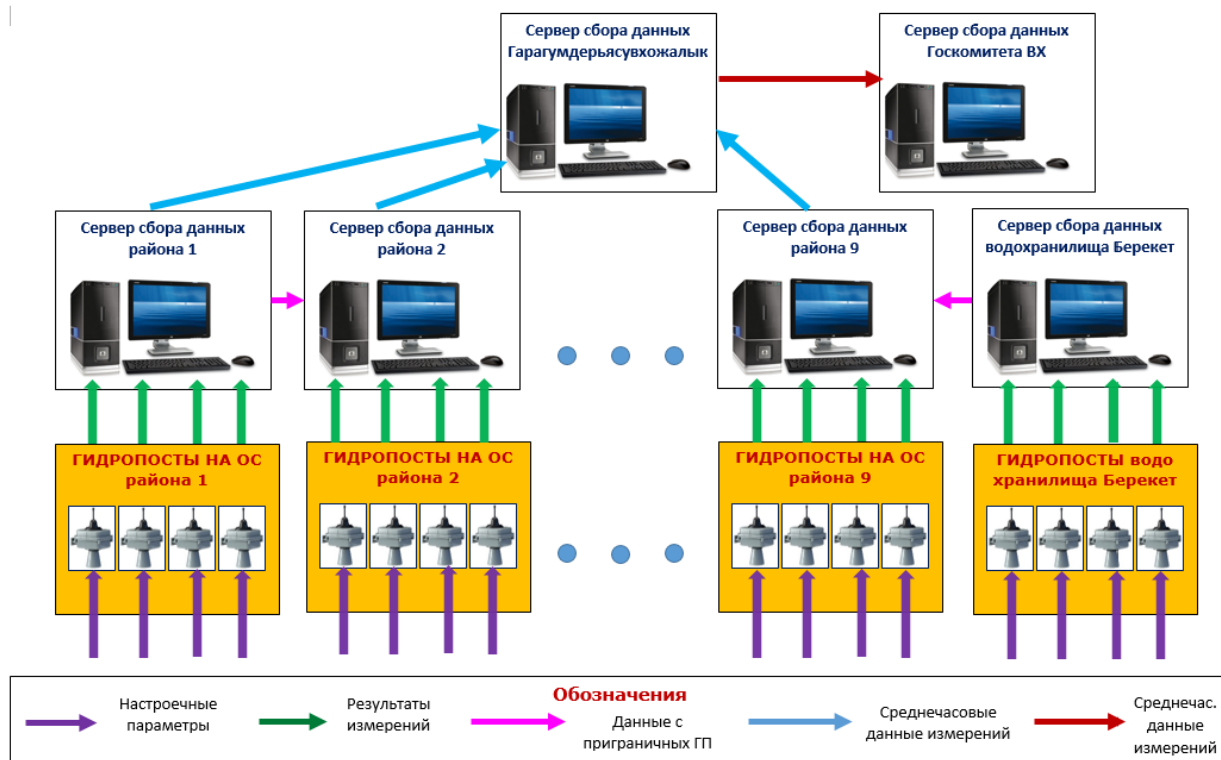


Рис 13. Регламент передачи данных в системе автоматизированного водоучета на Каракум-реке

Регламент организации передачи данных с автоматизированных гидропостов происходит следующим образом. Данные, передаваемые с гидропостов, расшифровываются в соответствии с характеристиками измеряемых параметров, которые содержатся в базе данных системы контроля каждого из районов. На «приграничных» гидропостах между районными управлениями организована передача данных из вышележащего управления в нижележащий, для синхронизации результатов измерений и корректного расчета на совместных гидропостах. Данные с диспетчерских пунктов каждого районного управления передаются на диспетчерский пункт Производственного Объединения Гарагумдерьясувходжалык, Программное Обеспечение которого позволяет вести мониторинг по гидропостам всех девяти районных управлений.

Водоизмерительное оборудование для разных типов гидропостов подобрано соответствующим образом, исходя из условий эксплуатации, местных условий и типа автоматизируемого гидропоста. Так, для гидропостов перегораживающих и селесбросных сооружений используются ультразвуковые уровнемеры, результаты измерений которых привязаны к тарифованным таблицам каждого из гидропостов. В чашах водохранилищ установлены гидростатические преобразователи давления, обладающие прецизионной точностью измерения. На гидропостах работающих в подпорном режиме предусмотрена установка ультразвуковых доплеровских

расходомеров, поскольку ввиду наличия подпора, использование уровнемера недопустимо.

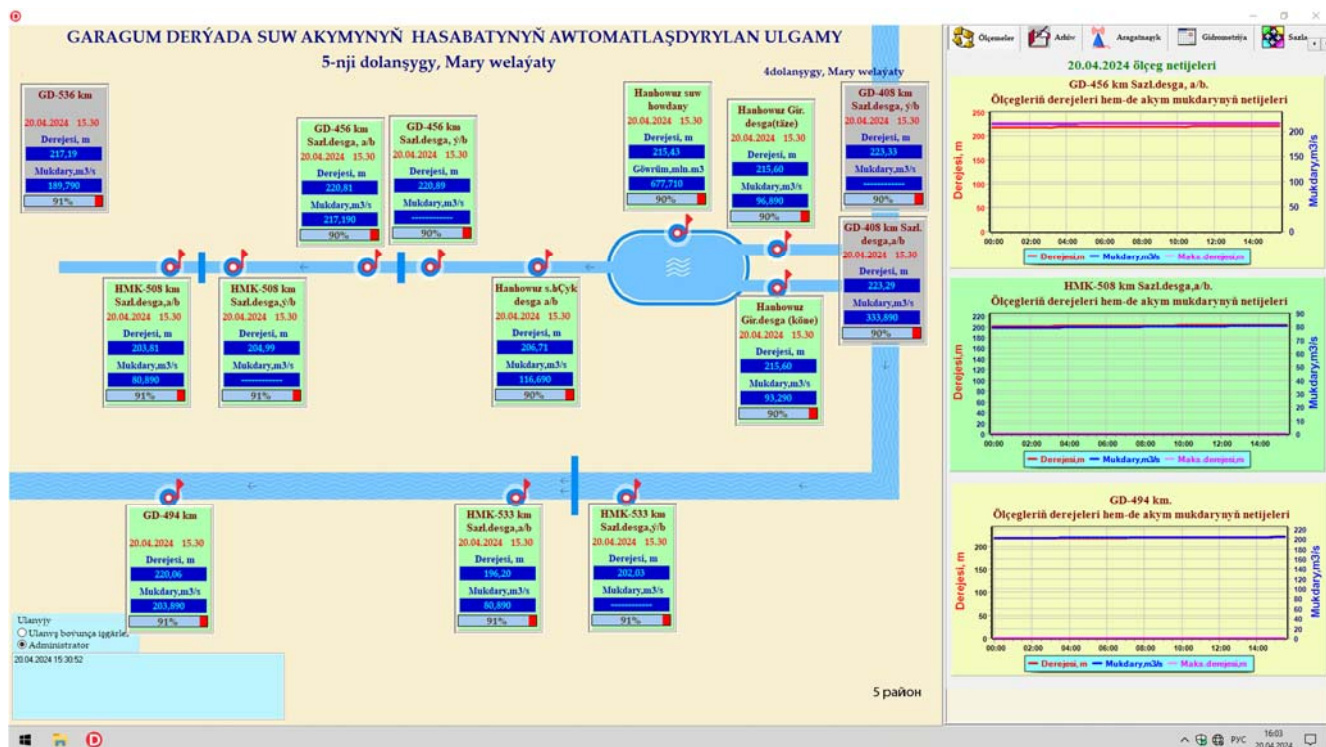


Рис.14 Программное Обеспечение диспетчерского пункта районного управления Гарагумдерьясувходжалык.

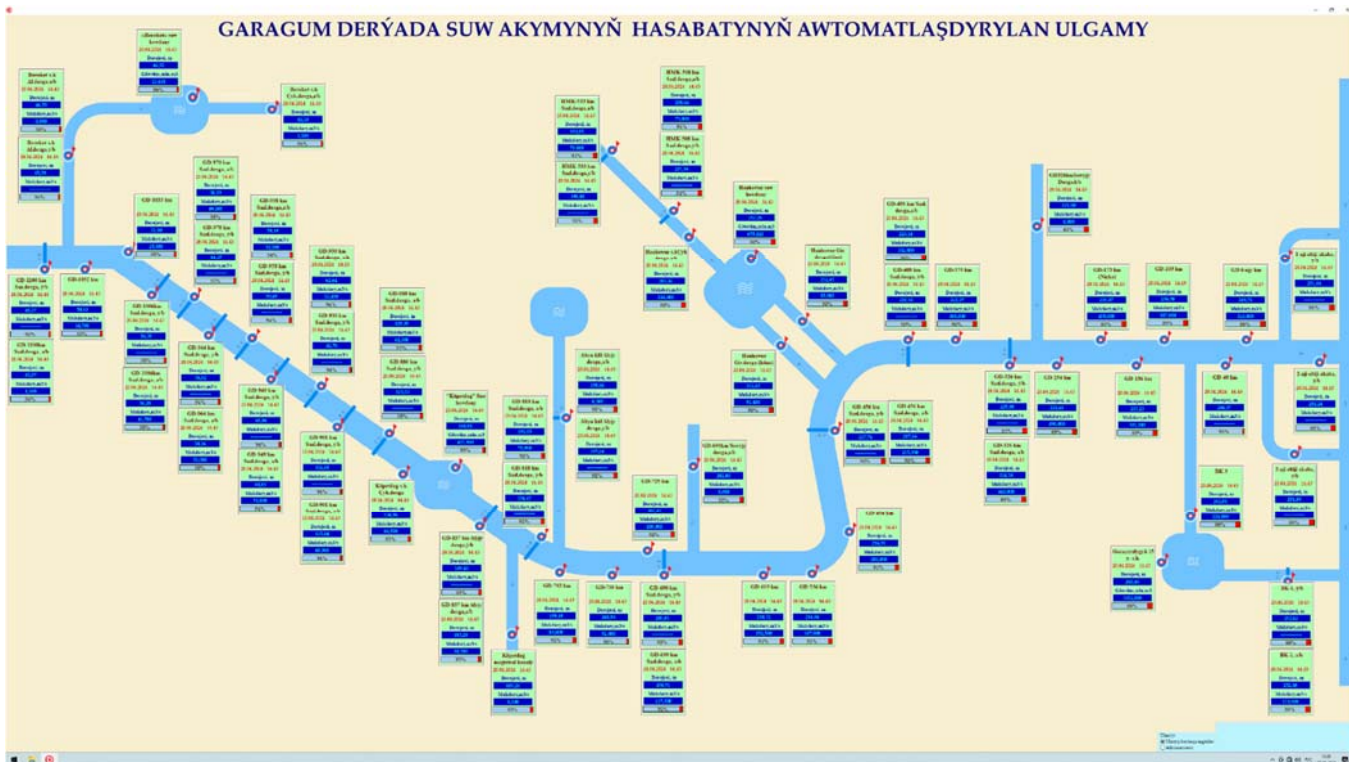


Рис. 15 Программное Обеспечение диспетчерского пункта в Государственном комитете водного хозяйства Туркменистана

Помимо разработки программного обеспечения, обустройства гидростов и установки оборудования были проведены обучающие тренинги по настройке эксплуатации системы для сотрудников объединения и инженеров IT отделов по калибровке, обслуживанию оборудования и подключению его к системе в для сотрудников Гарагумдерьясувходжалык.

Результаты:

- Повышение прозрачности водопользования
- Активное вовлечение сотрудников водохозяйственных организаций в обучение работе с системой, наращивание потенциала по автоматизации водоучета в стране, тренинговые образовательные программы по автоматизации и обслуживанию системы.

Ключевые факторы успеха:

- Инновационные технические решения
- Вложения в модернизацию инфраструктуры и оснащение гидростов
- Вовлечение в процесс обучения заинтересованных лиц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

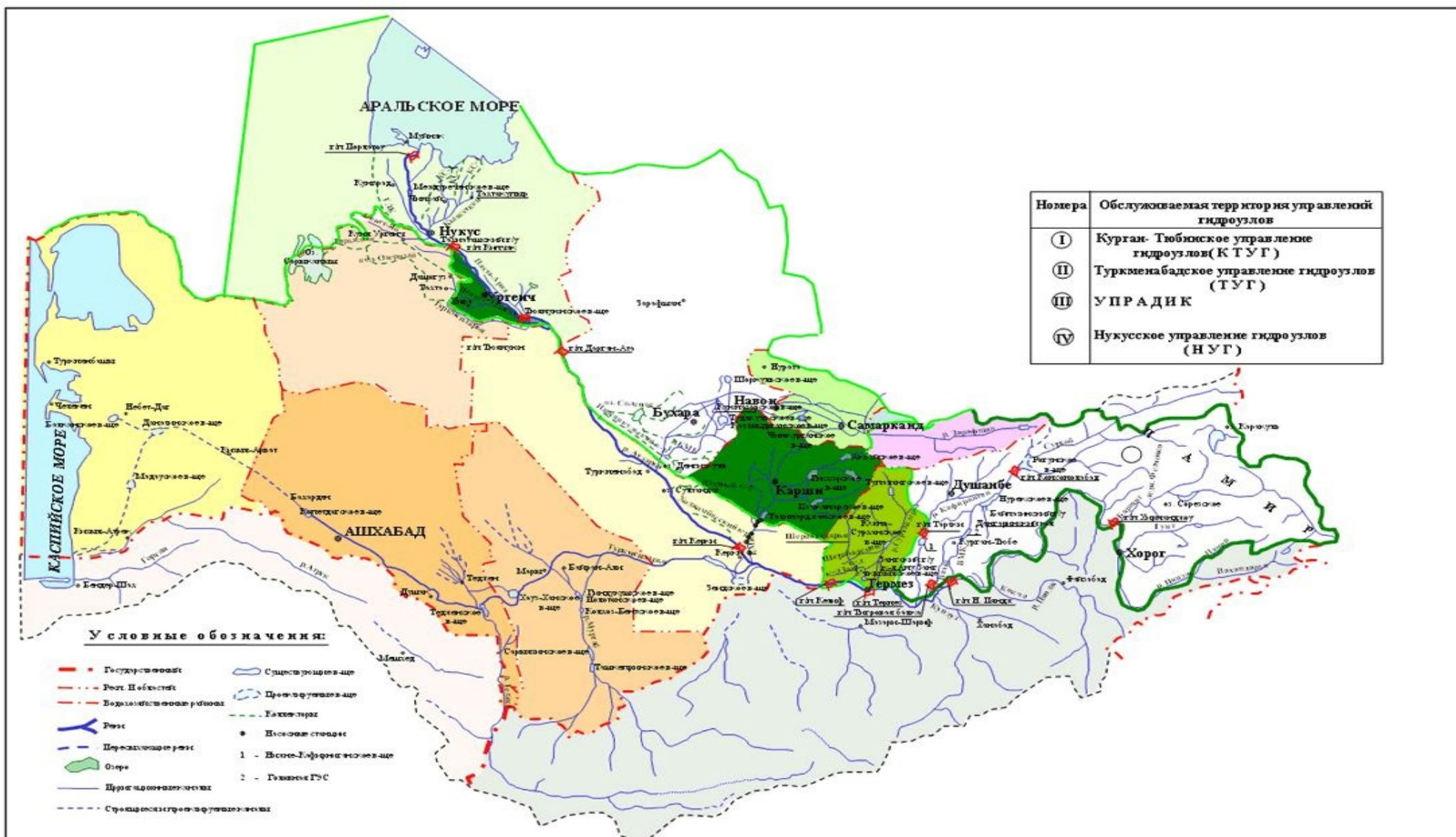


Рис.16 Схема бассейна реки Амударья ([источник](#))

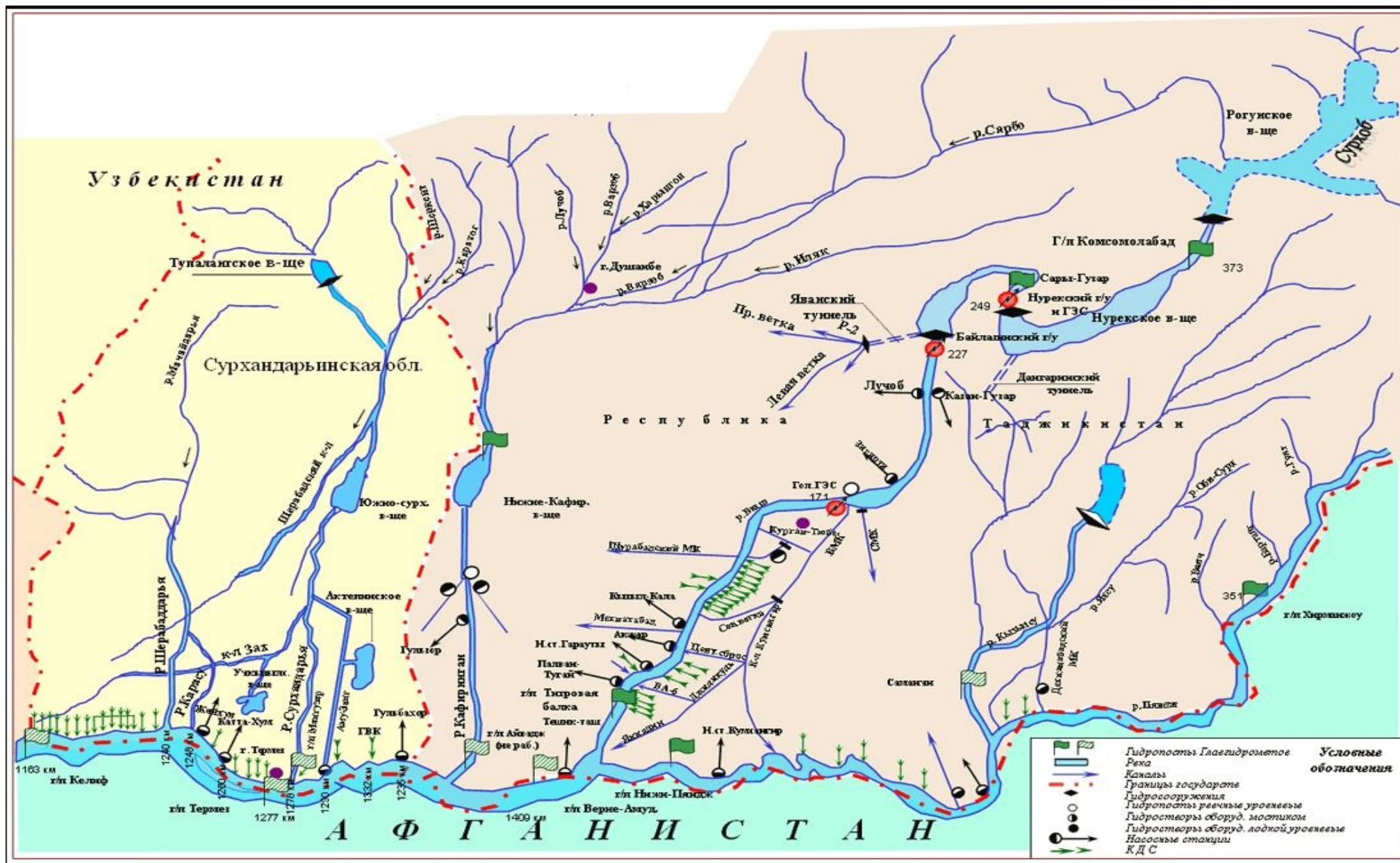


Рис.17 Линейная схема расположения гидропостов на головных водозаборных сооружениях ВДУ (источник)

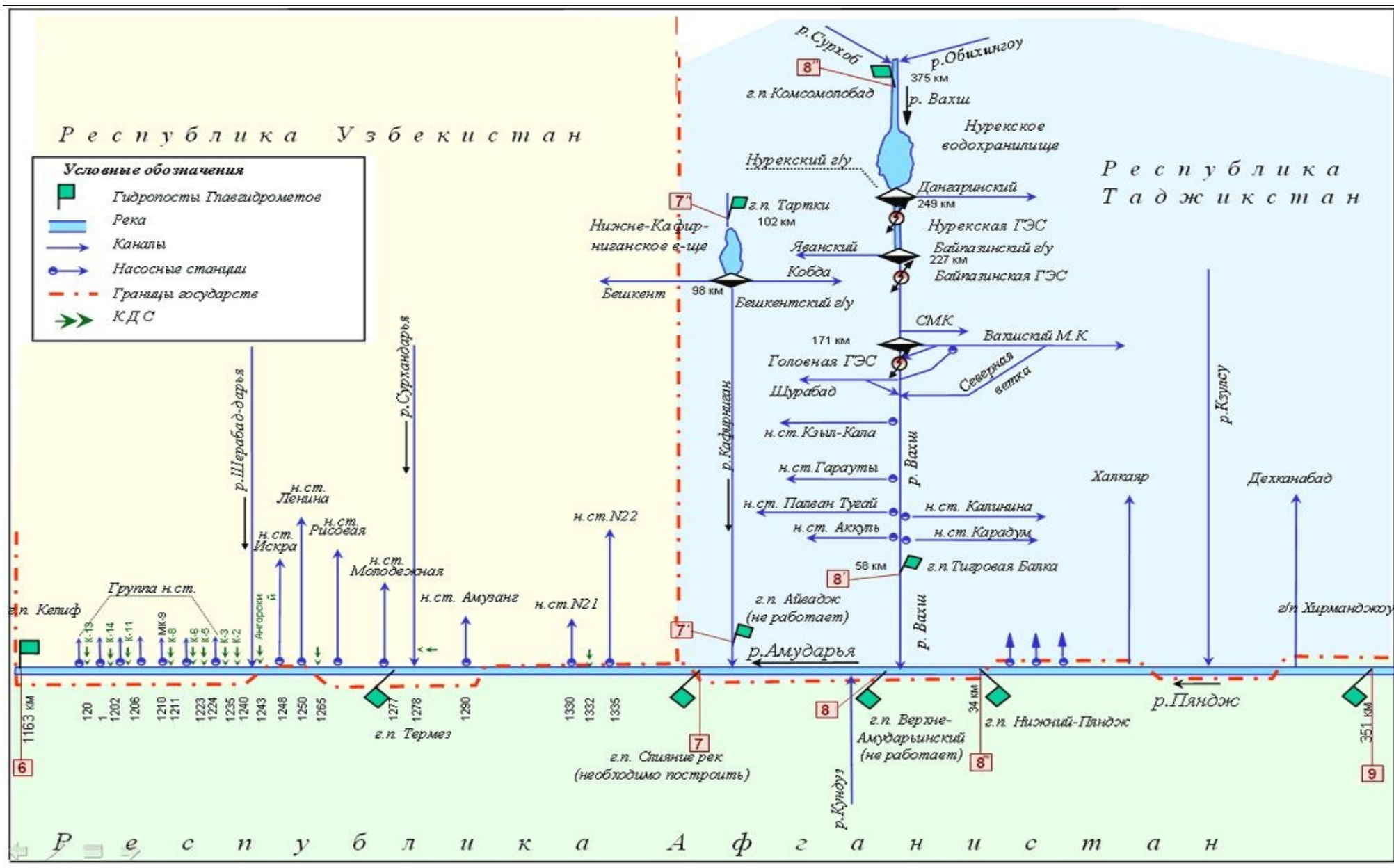


Рис.18 Схема Верхнедарьинского управления БВО Амударья ([источник](#))

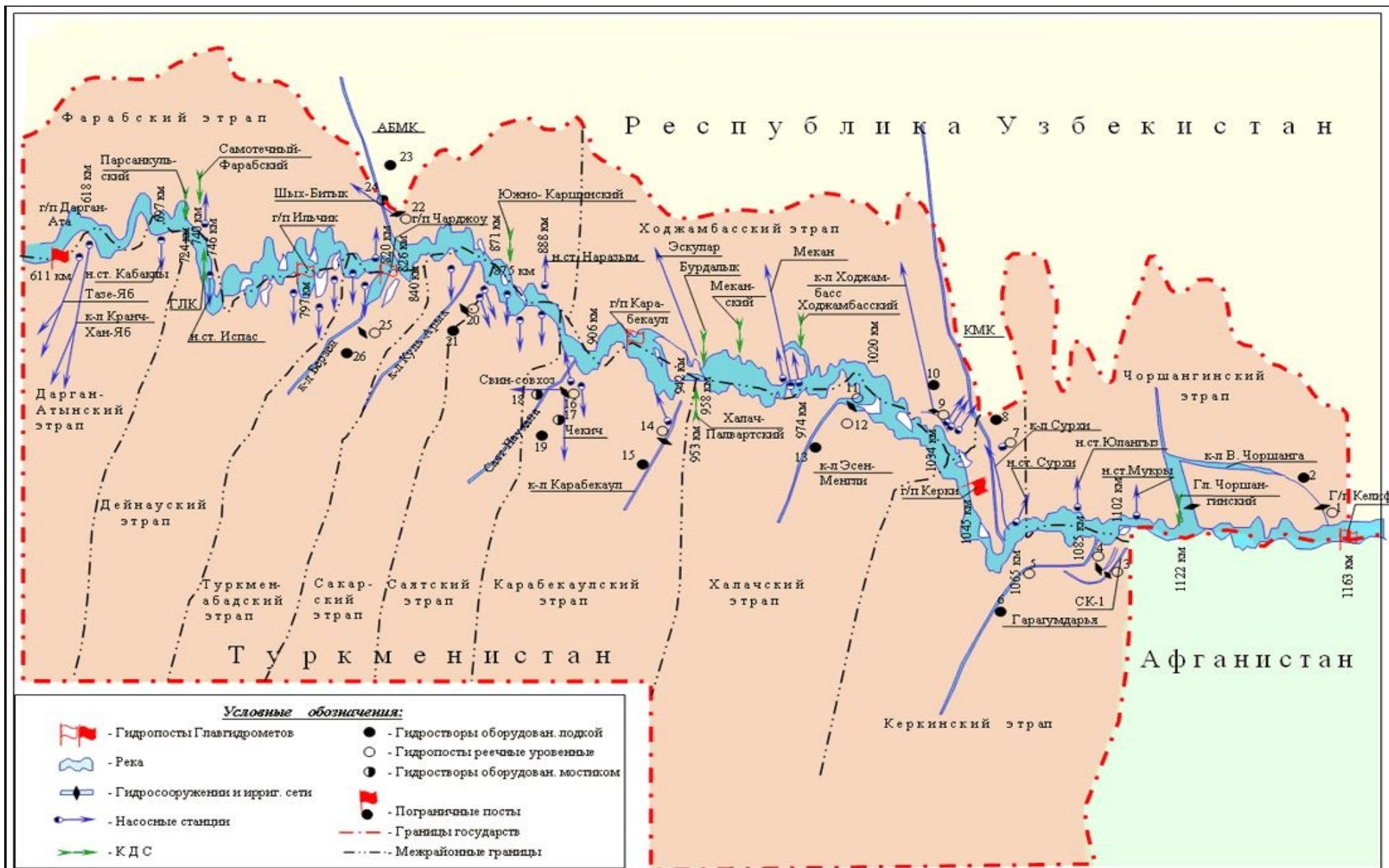


Рис.19 Схема расположения гидропостов Среднедарьинского управления БВО Амударья ([источник](#))

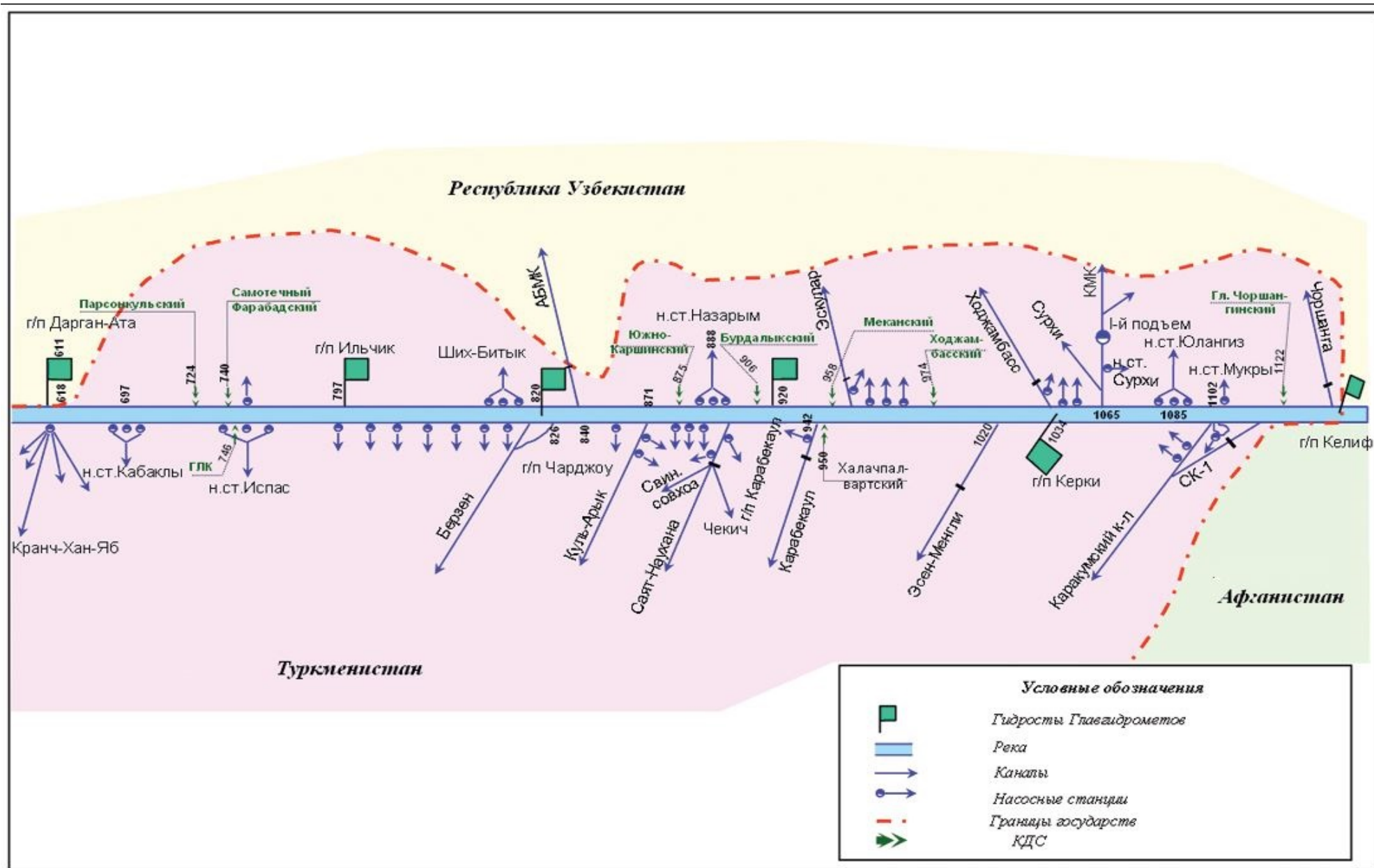


Рис.20 Схема Среднедарьинского управления БВО Амударья ([источник](#))



Рис.22 Схема врасположения гидропостов Нижнедарьинского управления БВО Амударья ([источник](#))

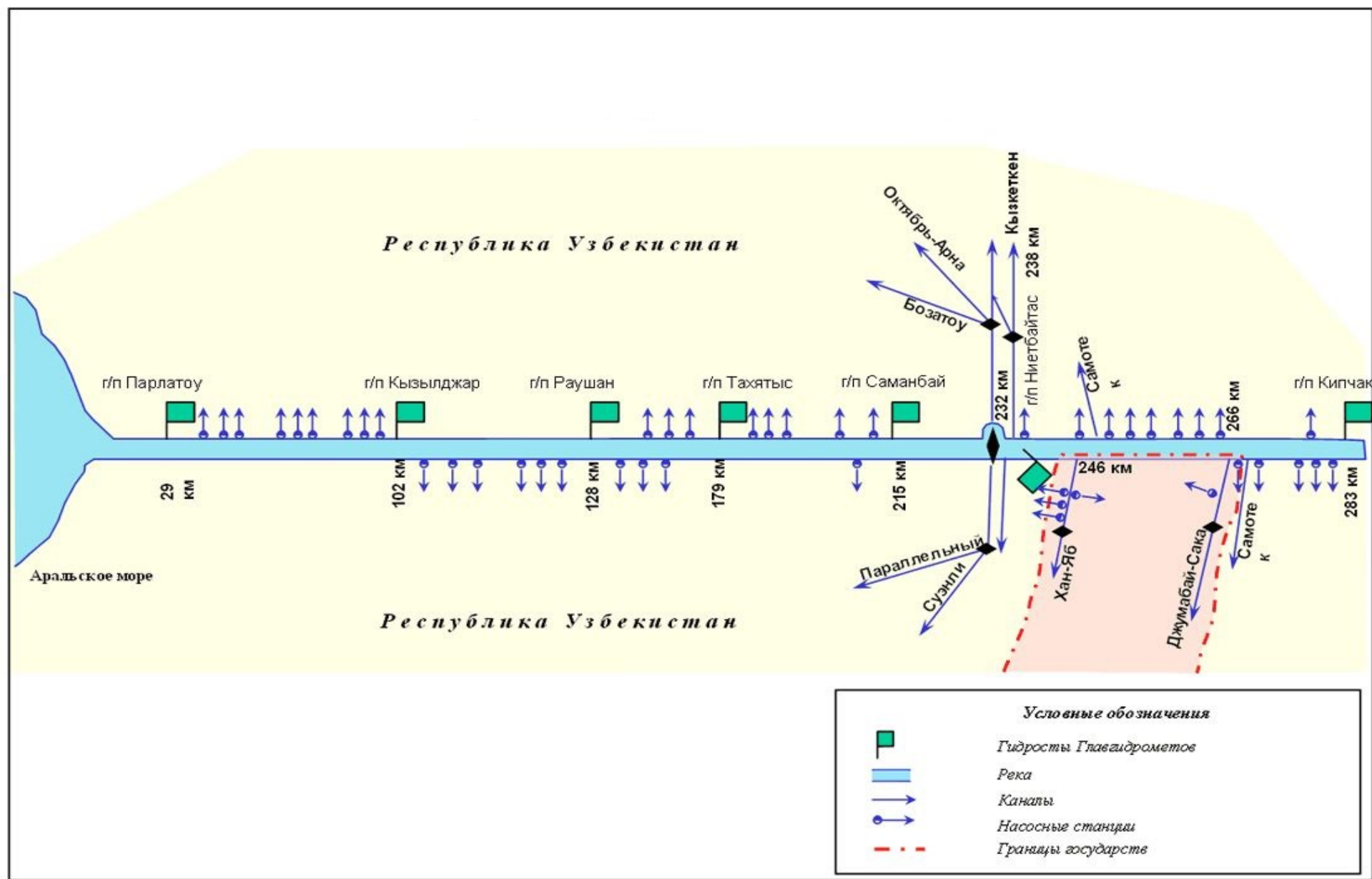


Рис.23 Схема Нижнедарьинского управления БВО Амударья ([источник](#))