

Повышение эффективности планирования распределения водных ресурсов реки Амударья посредством компьютерного моделирования

Сорокин Д.А.

В бассейне реки Амударьи функционирует сложный водохозяйственный комплекс, работа которого на фоне нарастания дефицита водных ресурсов в последние годы затруднена из-за отсутствия качественного информационного обеспечения планирования распределения водных ресурсов - прогнозов и оценок составляющих русловых балансов реки Амударья, таких как, русловые потери, объемы трансформации воды в реке за счет резких изменений расходов воды, возвратный сток.

Для улучшения управления водными ресурсами предлагается повысить достоверность и качество аналитической информации, т.е. модернизировать систему планирования и оперативного управления, существующую в БВО «Амударья», включив в нее математические модели и правила внутригодового управления водными ресурсами, которые должны быть представлены в электронном формате, в удобной для пользователя форме (ГИС-интерфейс, русловые модели, БД).

С этой целью, НИЦ МКВК с начала 2021 года, с участием БВО «Амударья» и его территориальных подразделений, реализует по договору с Министерством инновационного развития Республики Узбекистан проект «Разработка электронных правил внутригодового управления стоком реки Амударья». Подход к выполнению данных исследований был разработан при подготовке «Uzbek-Chinese Scientific-Technical Project Proposal», где партнером НИЦ МКВК является Институт географических наук и исследований природных ресурсов Академии наук Китайской Народной Республики.

На рис. 1 показана схема размещения объектов моделирования, которое проводилось в рамках разработки «Электронных правил». Здесь, на схеме большого бассейна Амударьи (которая описывает систему распределения водных ресурсов, реализованную в русловой модели комплекса AS-Вmm), выделены прямоугольным (красным) контуром те участки и объекты Малого бассейна Амударьи (река и ее притоки), режимы которых исследуются в рамках разработки «Электронных правил», - они полностью соответствуют участкам и объектам управления и контроля МКВК/БВО «Амударья»; стрелками показаны основные потоки водных ресурсов.

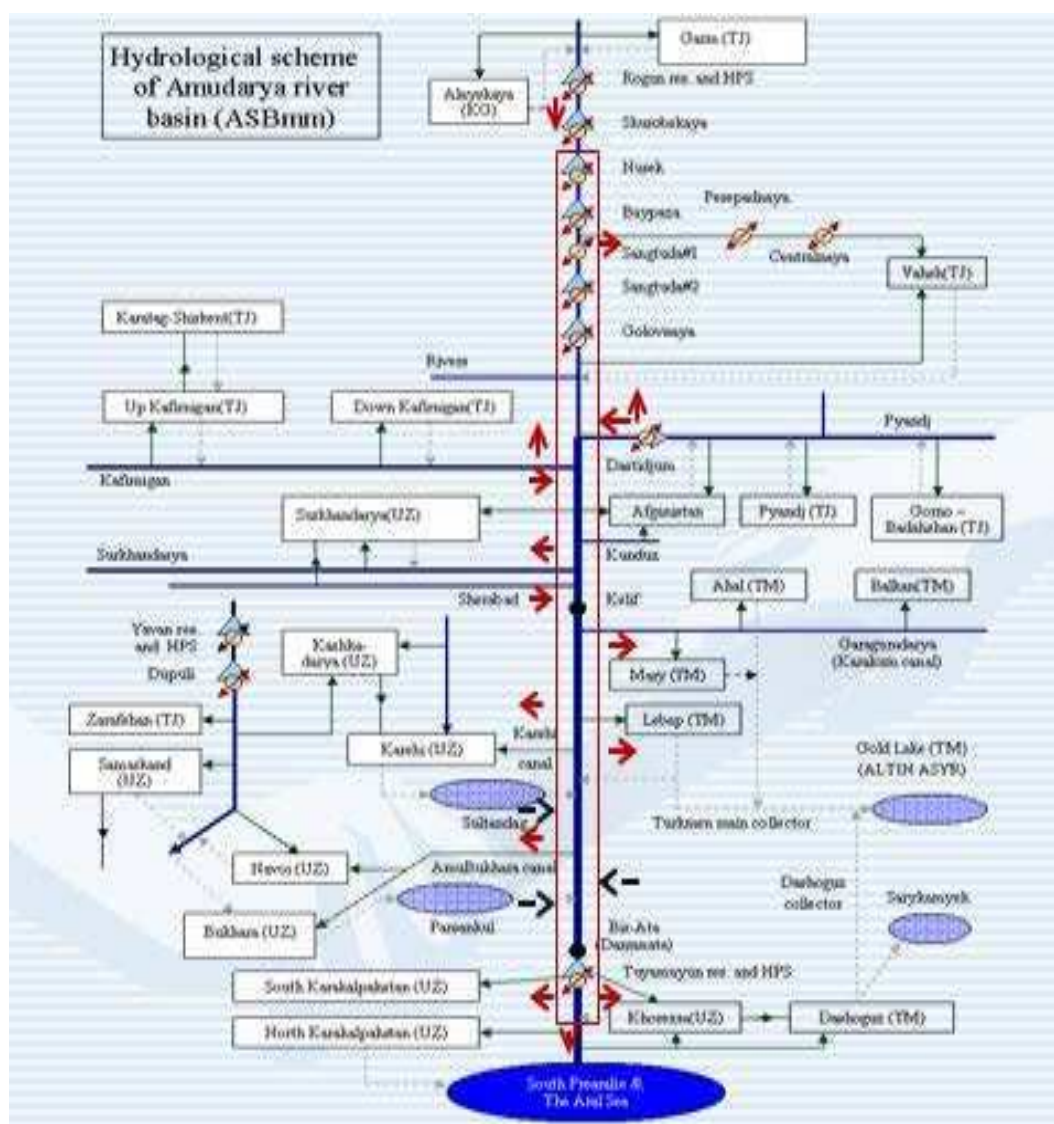


Рис. 1 Схема размещения объектов моделирования

В схему распределения водных ресурсов при анализе планирования и оперативного управления, осуществляемого БВО «Амударья», включены:

- i) водные ресурсы рек Вахш (Таджикистан), Пяндж (Таджикистан и Афганистан), Кундуз (Афганистан), Кафирниган (Таджикистан), Сурхандарья (Узбекистан),
- ii) водохранилище Нурекской ГЭС и водохранилища Тюямуянского гидроузла (как одна емкость),
- iii) водозаборы Таджикистана из рек Вахш, Пяндж, Кафирниган (нижняя часть, контролируемая БВО «Амударья»), водозаборы Туркмени-

стана в среднем (Гарагумдарья, Лебап) и нижнем (Дашагуз) течениях Амударьи, водозаборы Узбекистана из Амударьи в бассейн Сурхандарьи (машинный водоподъем), в бассейн Кашкадарьи (по Каршинскому каналу), в бассейн Зеравшана (по Амубухарскому каналу), в Хорезм и Каракалпакстан,

iv) возвратный сток в Амударью с орошаемых массивов стран.

Исследование детального руслового баланса с определением всех статей (водозабор, возвратный сток, потери воды на испарение и фильтрацию, изменение объемов воды на участках рек) предусмотрено для среднего участка реки Амударья (от г/п Келиф до г/п Дарганата) и нижнего участка (от г/п Тюямуюн до г/п Саманбай). Для Тюямуюнского водохранилища предусмотрено исследование статей водного баланса с определением потерь воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию.

Предполагается, что основной частью разрабатываемых «Электронных правил» должна составить «Информационная система поддержки принятия решений (ИСППР) в области управления водными ресурсами малого бассейна Амударьи» (область управления МКВК/БВО «Амударья»). ИСППР будет состоять из нескольких модулей, основными из которых являются:

- модуль анализа фактической ситуации, позволяющий пользователю иметь доступ через интерфейс к ГИС-карте, где расположены интересующие его объекты – источники водных ресурсов, водохранилища, ГЭС, участки реки, водопотребители, водные экосистемы, где можно получить информацию о динамике формирования, регулирования стока, его использования, получить расчетные значения потерь воды из реки и водохранилищ,
- модуль планирования распределения и регулирования стока Амударьи, позволяющий пользователю самостоятельно на выбранном участке выполнить водобалансовые расчеты, с шагом 1 месяц на предстоящий сезон (октябрь-март, апрель-сентябрь),
- модуль расчета трансформации гидрографа среднесуточных расходов Амударьи, позволяющий пользователю самостоятельно выполнить расчет и проследить изменение суточного гидрографа реки Амударья (период – декада) из начальных створов (Керки, Тюямуюн) к конечным (Дарганата, Саманбай),
- модуль нормативных показателей и ограничений (правил), представляющий собой набор таблиц, графиков и рекомендаций в текстовом формате, составленных по результатам численных экспериментов, направленных на поиск рациональных режимов и допустимых значений (включая оценку потерь воды, объемов наполнения водохрани-

лищ, попусков из водохранилищ, экологических попусков в водные экосистемы и Арал).

«Электронные правила» после их завершения (2022 г.) позволят пользователю получать справочную информацию и рекомендации:

- по расчету статей русловых балансов – возвратный сток, потери воды в русле реки, русловое регулирование,
- по установлению и соблюдению экологических попусков,
- по расчету водных балансов водохранилищных гидроузлов – рекомендации по режимам работы гидроузлов, ограничения по допустимым объемам наполнения водохранилищ и др.

База данных «Электронных правил» после ее наполнения (2022 г.) будет состоять из ретроспективных данных, данных, которые формируются пользователем (при работе в интерфейсе) и расчетных данных, выдаваемых компьютерными моделями при их работе. Через окно пользователя интерфейса будет организован доступ к основным расчетным модулям, информационному блоку, содержащему справочную информацию и к рекомендациям по расчету составляющих русловых балансов и режимов работы водохранилищных гидроузлов.

Работа в основных модулях будет представлять: настройку модели (выбор объектов, параметров), ввод данных и управляющих воздействий пользователя (коэффициенты, параметры), запуск модели на выполнение, доступ к расчетной информации, и ее экспорт в выбранный формат. Результаты расчетов будут представлены в таблицах и на графиках. Просмотр фактической информации будет возможен также через выбор объектов и параметров на электронной карте.

«Электронные правила» управления водных ресурсов реки Амударья будут подсказывать пользователю эффективные решения, поскольку будут основываться на понимании того:

- какие должны быть пределы естественных (физических) русловых потерь по реке,
- какое может быть объяснение невязок русловых балансов, превышающих рекомендуемые расчетные русловые потери на испарение и фильтрацию,
- как эффективно прогнозировать и планировать водохозяйственную ситуацию на ближайшую перспективу (сезон) – по режимам рек и режимам водохранилищных гидроузлов (Нурекская ГЭС, Туюмунский гидроузел), с учетом возможных потерь воды на участках рек и в водохранилищах,

- как оценивать план распределения и регулирования стока, по каким показателям, и как корректировать его исходя из текущей фактической ситуации и изменений в прогнозах водности,
- как рассчитать трансформацию суточного гидрографа стока реки на расчетных участках среднего (г/п Керки – г/п Дарганата) и нижнего (г/п Тюямуюн – г/п Саманбай) течений реки Амударья.

В рамках данных исследований:

- выполнен анализ текущей работы БВО «Амударья» и его территориальных подразделений по планированию и оперативному управлению водными ресурсами бассейна р. Амударья; определены требования БВО «Амударья» к разработке «электронных правил управления водными ресурсами р. Амударья», как основного их пользователя,
- разработана математическая модель и алгоритмы планирования распределения водных ресурсов Амударьи и регулирования стока Ну-рекской ГЭС и водохранилищами Тюямуюнского гидроузла,
- разработана математическая модель и алгоритмы оперативного управления, позволяющего корректировать первоначальный план распределения водных ресурсов Амударьи при изменении водности реки и требований на воду,
- разработана динамическая модель и алгоритмы расчета трансформации суточного гидрографа реки Амударья вдоль русла реки и во времени для среднего и нижнего течений,
- разработан прототип интерфейса (рис. 2).

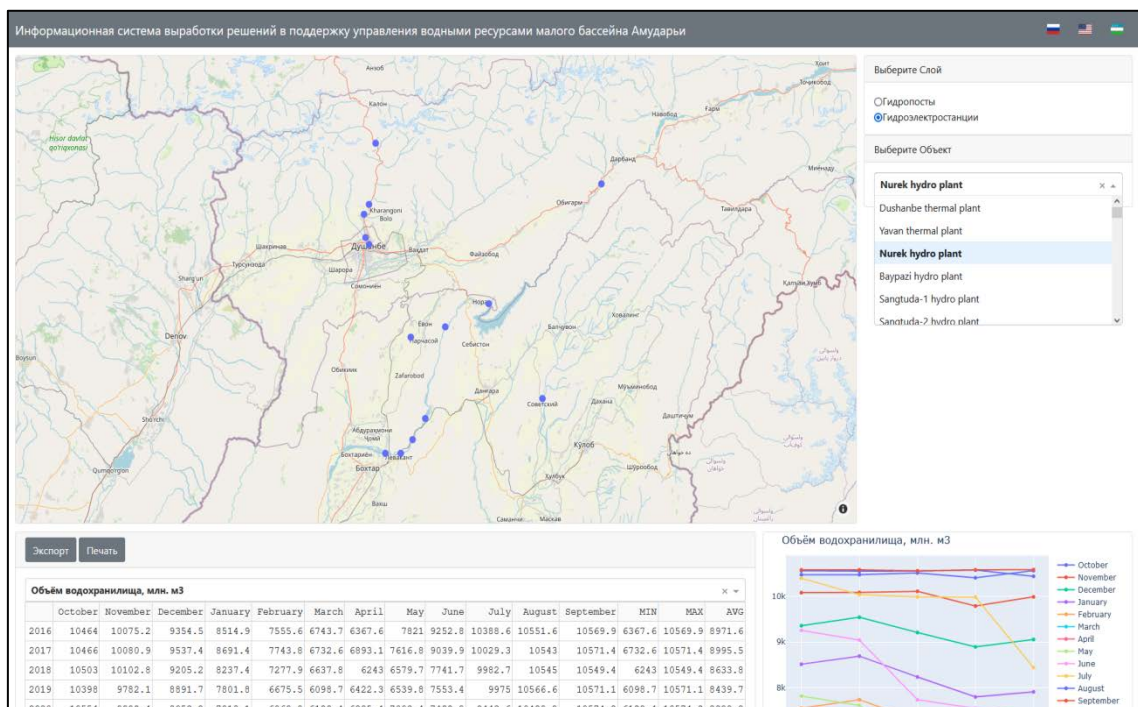


Рис. 2. Пример прототипа интерфейса «Электронных правил» / ИСППР