



Проект PEER - "Адаптация управления
водными ресурсами трансграничных вод
бассейна Амударьи к возможным
изменениям климата"



Research report

1.Preparation (planning & design)

1.1 Study of TWN in the basin

Руководитель проекта, проф.

В.А.Духовный

Исполнитель

А.Г.Сорокин

Ташкент, июль 2016 г

Содержание

Введение

1. Управление водными ресурсами в бассейне реки Амударьи

2. Логическая модель управления водными ресурсами в бассейне реки Амударьи

Заключение

Введение

Целью выполняемых работ по проекту PEER является повышение адаптивного потенциала стран бассейна Амударьи эффективно управлять трансграничными водными ресурсами в условиях климатических изменений и иных неопределенностей. Данная цель достигается путем **комплексных исследований задач и проблем управления водными ресурсами** трансграничных рек бассейна Амударьи на современном уровне (2010...2015 годы) и на перспективу (2015... 2050 годы).

Цель первого этапа исследований заключается в подготовке методической и информационной основы, необходимой для выполнения исследований проекта В отчете приводится часть результатов первого этапа: **анализ задач и проблем управления водными ресурсами** бассейна Амударьи и предлагаемая на этой основе **логическая модель управления**.

1. Управление водными ресурсами в бассейне реки Амударьи

Под управлением водными ресурсами в проекте PEER будем понимать **процесс принятия решения и обеспечение реализации решения**. Весь процесс можно разделить на два этапа: на первом должна решаться задача планирования – режим функционирования (которого хотят достигнуть), на втором – тактика реализации плана, обеспечивающая максимальное приближение плана к факту. Похожий подход можно применить к “управлению на отдаленную перспективу”. В этом случае “план и прогноз” заменяется **сценариями возможного развития ситуации**, из которых выбирается наиболее реалистичная **стратегия** управления (развития). По мере поэтапной реализации данной стратегии, она корректируется. Трудности управления водными ресурсами в бассейне Амударьи непосредственно связаны с процессом принятия решения (выработки управляющих воздействий) и процессом реализации принятого решения.

В настоящее время единственной орган, который принимает решение по всему малому бассейну Амударьи в части распределения водных ресурсов трансграничных рек, является **МКВК. БВО "Амударья"**, являясь исполнительным органом МКВК, осуществляет управление и контроль за водозаборами бассейна реки Амударья, имеет в своем составе аппарат управления в г.Ургенче и четыре эксплуатационных управления БВО «Амударья» с центрами в г. Курган-тюбе, Туркменабаде, Ургенче, Тахиаташе. БВО “Амударья” сотрудничает с Узглавгидрометом Республики Узбекистан, между ними налажен обмен необходимой информацией; БВО ежедневно получает от Узглавгидромета гидрологические данные по гидропостам реки Амударья, по Нурекскому водохранилищу, прогнозы водности, при необходимости, проводит совместные замеры на гидропостах нижнего течения реки Амударья – г/п Тюямуюн, г/п Кипчак, принадлежащих Республике Узбекистан. Под контролем БВО находятся: все насосные станции, расположенные в створе рек Амударья, Пяндж, Вахш, Кафирниган и на межгосударственных каналах, а также часть речных водозаборов не переданных на баланс БВО. Согласно общей договорённости государств Центральной Азии в сферу межгосударственного управления и распределения водных ресурсов включены только стволы следующих рек: река Пяндж, река Вахш, река Кафирниган и сама река Амударья.

Вододеление в бассейне осуществляется на основе лимитов, которые устанавливаются на вегетацию и межвегетацию начиная с 1992 года МКВК: для верхнего течения (Кыргызстан, Таджикистан, Узбекистан), среднего течения (Туркменистан, Узбекистан) и низовий (Туркменистан, Узбекистан) реки Амударьи. Вододеление в среднем и нижнем течениях закреплено Соглашением между Республикой Узбекистан и Туркменистаном о сотрудничестве по водохозяйственным вопросам (г. Чарджев, 1996 год). Соблюдается принцип квотирования, предусматривающий, что Туркменистан и Узбекистан имеют равные (50/50) доли так называемого приведенного стока Амударьи в створе гидропоста Керки - выше водозабора в Гарагумдарью (Каракумский канал). Необходимо отметить, что МКВК ввело линию на уменьшение затрат стока - ежегодное снижение водозабора на 1-1,5 %. К сожалению планируемое МКВК снижение водозабора не выполняется, в тоже время, как показывает анализ назначения и использования лимитов, имеется возможность их снижения.

Основные функции БВО “Амударья” (как исполнительного органа МКВК): корректировка и согласование сезонных лимитов водопотребления, среднесрочное планирование, **согласованное с водохозяйственными и энергетическими ведомствами государств бассейна**, оперативное управление и контроль. БВО “Амударья” совместно с НИЦ МКВК участвует также в **перспективном планировании**.

Трудности, с которыми встречается БВО “Амударья” при планировании и реализации плана при распределении стока Амударьи, заключаются, прежде всего, **в отсутствии данных** по прогнозу стока по **всем притокам** Амударьи (включая реку Пяндж) и в отсутствии **оперативного механизма получения, передачи и приема данных** по расходам воды на пограничных постах, выше и ниже крупных сооружений; если лучше наладить такую передачу на всех ключевых створах русла реки Амударьи (Термез, Келиф, Керки, Туркменабад, Ильчик, Бир-Ата, Тюямун, Кипчак, Саманбай, Кызылджар), то это несомненно повысило бы в целом управление водными ресурсами, эффективность контроля за потерями воды и вододелением (водозабором).

Основной **прогноз стока** в бассейне составляется только в начале апреля на основе анализа снегозапасов, сформировавшихся за зимний период; оценки до этого периода не являются надежными. И если прогнозы не оправдываются, особенно в маловодные годы, возможны значительные негативные последствия. При этом уточненный прогноз в апреле уже не позволяет изменить состав и размещение сельхозкультур, и эффективно исправлять режимы вододеления.

Систематические ошибки в расчетах руслового баланса Амударьи обусловлены тем, что не правильно учитываются **русловые потери**, а на некоторых участках – фильтрационный приток в русло реки, не учитывается “русловое регулирование”, то есть накопление воды в русле в паводок и отдача её в межень и другие факторы. Включение данных составляющих в расчетные статьи баланса позволяет повысить точность прогнозирования трансформации стока реки по территории и времени и, тем самым, повысить эффективность управления водными ресурсами, в том числе контроль за распределением воды.

Следующая проблема – **согласование между странами режима работы Нурекского водохранилища** в маловодные годы. Анализ работы Нурекского водохранилища показывает, что при природном дефиците реки в маловодные годы гидроэнергетический режим водохранилища приводит к еще большему снижению водообеспеченности орошаемых земель Туркменистана и Узбекистана. В тоже время, работа Нурекской ГЭС не всегда эффективна в части потерь электроэнергии. Наблюдаются **холостые сбросы**, которые при надежном прогнозе стока реки Нарын можно было бы сократить.

Регулирующие возможности водохранилищ бассейна Амударьи снижаются, поскольку происходит **заиление полезных емкостей водохранилищ**. Заиление Нурекского водохранилища ограничивает призму регулирования и возможности сезонного

регулирования стока реки Вахш. С этим ограничением непосредственно связаны неточности в расчетах при планировании режимов работы водохранилища, а также холостые сбросы, происходящие при переполненном водохранилище. Сегодня фактические замеры объемов Нурекского водохранилища недостаточно надежны, они не позволяют сделать необходимый анализ и дать объяснения процессам заиления. Отсюда невозможен и какой-либо надежный прогноз заиления водохранилища на будущее (Петров Г.Н, 2009).

Эффективность **управления водными ресурсами в низовьях** Амударьи во многом зависит от согласованных действий БВО “Амударья”, Нижнеамударьинского бассейнового управления ирригационных систем (Республика Узбекистан), Минводхоза Туркменистана и Управления эксплуатацией Тюямуюнского гидроузла. Это касается контроля за объектами межгосударственного пользования на границах областей, за водозаборами из ствола реки, а также санитарными и экологическими попусками в дельту, осуществляемых посредством составления русловых балансов и расчета потерь стока. Важной задачей является планирование и выдерживание рационального режима работы водохранилищ Тюямуюнского гидроузла, минимизирующего потери воды в водохранилищах.

Контроль за распределением стока Амударьи достигается благодаря тому, что водобалансовые расчеты выполняются последовательно сверху вниз по течению от верхнего водозабора к следующему за ним и для каждого такого участка по уравнению водного баланса определяются невязки стока. По величине невязок стока можно определить возможные переборы и недоборы воды в ирригационные системы. К сожалению БВО “Амударья” выполняет данный контроль практически в ручную, без надлежащей **информационно-аналитической поддержки** (БД, модели).

Главная задача Тюямуюнского гидроузла - упорядочить систему управления бассейном Амударьи в низовьях и тем самым: (1) обеспечить гарантированное водоснабжение населения питьевой водой посредством емкости Капарас, (2) снизить до минимума негативные последствия экстремальной водности (маловодье, паводки) и создать благоприятные условия для поддержания равномерной водоподачи на трансграничном уровне, включая подачу в Приаралье, (3) усилить возможности национального уровня в части гарантированного водопотребления, снижения потерь и устойчивой водоподачи.

В настоящее время Русловое водохранилище Тюямуюнского гидроузла заилено на 1.1...1.2 км³. Объем заиления меняется из года в год, и в периоды промывки уменьшается, то есть существует некоторая **возможность управления процессами заиления и транспортом наносов** гидроузла. Основной принцип перераспределения стока между водохранилищами ТМГУ заключается в преимущественной сработке Руслового водохранилища (в сравнении с наливными) и одновременном наполнении всех емкостей (в случае если такое наполнение возможно). Данный принцип позволяет значительно уменьшить **потери стока**, как в Русловом водохранилище, так и в низовьях реки Амударья. Подача мутной воды по руслу реки и в каналы низовий в состоянии снизить потери в низовьях в 1.2...1.4 раза.

Потерю части регулирующей емкости в водохранилищах Нурекского и Тюямуюнского гидроузлов можно компенсировать регулированием стока Амударьи в **внутрисистемных водохранилищах**. Регулирование стока в внутрисистемных водохранилищах имеет свою специфику в маловодные и многоводные годы (сезоны). В случае наступления маловодных лет работа внутрисистемных водохранилищ направляется в первую очередь на снижение вегетационного дефицита, который покрывается за счет максимально возможного водозабора из реки Амударья в межвегетационный период и создания запасов воды в водохранилищах к началу

вегетации. В многоводные годы работа внутрисистемных водохранилищ (и соответствующих каналов) направляется на максимально возможную срезку пиков паводка, проходящего по реке Амударья.

Удовлетворение требований Приаралья, то есть **поддержание системы озер дельты Амударьи**, в полной мере возможно в годы средней и выше водности, когда годовой приток к створу Саманбай оценивается не ниже 8 км³. Исходя из технических ограничений существующего комплекса сооружений, главным образом Междуреченского водохранилища, приток в дельту не должен иметь резких колебаний внутри года, иначе могут возникнуть вынужденные холостые сбросы в Аральское море минуя систему озер. Выравнивания расходов можно достичь выдерживая рациональный режим работы Тюямуюнского гидроузла, предусматривающий постепенное увеличение или снижение попусков в реку.

Один из факторов, который не учитывается при распределении воды и управлении орошением в бассейне Амударьи - **продуктивность водно-земельных ресурсов**. Очевидно, что водопотребители, имеющие более продуктивные земли, в случае дефицита воды несут больший ущерб, чем водопотребители с менее продуктивными землями. Учет данного фактора при распределении воды возможен только тогда, когда возмещение ущерба в зонах низкой продуктивности станет государственной политикой. В противном случае, возникающие при непропорциональном распределении воды, социально-экономические потери, связанные с потерями в людских ресурсах (занятость населения) и производстве, перекроют возможные выгоды от использования более продуктивных земель.

Низкая достоверность прогноза и оценок располагаемых водных ресурсов, отсутствие в полной мере информации о текущем дефиците в бассейне, а также **объективных оценок возможных ущербов** от маловодья являются теми основными дестабилизирующими факторами, которые создают плохо управляемую ситуацию в вегетацию маловодных лет. Именно такая ситуация маловодья 2000-2001 гг спровоцировала действия по **сверхлимитному водозабору**, который явился основной причиной **непропорционального** (лимита) водообеспечения потребителей по территории. Фактический дефицит в низовьях (Каракалпакстан) в 2000 году составил 59 % от лимита. При пропорциональном его распределении между потребителями он не превысил бы 20 % от установленного лимита на водозабор. Какие меры можно было предпринять, чтобы снизить дефицит воды? Во-первых, более эффективное использование Нурекского водохранилища позволило бы в вегетацию 2000 года сработать (без ущербов в последующие годы) дополнительно около 0.5..1.0 км³ воды. Во-вторых, к началу вегетации в русловых и внутрисистемных водохранилищах можно было накопить (при жестком контроле) на 2.5...3.0 км³ больше воды, чем это было фактически накоплено. Но такие действия не были предприняты, поскольку у лиц принимающих решения не было необходимых **расчетов, охватывающих не только текущий сезон, но и предыдущий и последующий**.

Для недопущения подобных критических ситуаций периодически с целью согласования позиций Республики Узбекистан и Туркменистана проводятся **технические совещания по водodelению в низовьях реки Амударья** (согласно Соглашения о совместном использовании водных ресурсов Туркменистана и Республики Узбекистан в низовьях реки Амударьи от 26 мая 2007 года, г. Ургенч) в составе начальника БВО «Амударья», представителя Минсельводхоза Республики Узбекистан, начальника п/о «Дашогузсувхожалык» (Туркменистан), начальника НДУ, начальника НАБУИС, начальника УЭ ТМГУ. В **расширенных технических совещаниях** принимают участие организации верхнего и среднего течений Амударьи из Таджикистана и Туркменистана - ВДУ и СДУ БВО «Амударья». Например, проводится корректировка режима работы

ТМГУ и водозаборов на участках реки в целях минимизации возможных негативных последствий в бассейне; принимаются решения по водозаборам среднего течения Амударьи - решения по разгрузке реки в среднем течении водозаборами Лебабского велоята Туркменистана в период прохождения паводка и др. **Протокольные решения** технических совещаний являются документами для исполнения.

Для обеспечения согласованных и взаимовыгодных действий всех участников водохозяйственного комплекса бассейна Амударьи сегодня существует необходимость в единых для бассейна **правилах управления водными ресурсами**. Главная цель - упорядочить систему управления бассейном Амударьи и создать стабильную, устойчивую и справедливую организацию водоподачи. Одним из основных негативных факторов, отрицательно влияющих на обеспеченность водой отдельных зон бассейна Амударьи, является **антропогенная изменчивость стока**, непосредственно связанная с водохозяйственной политикой независимых государств бассейна. Несмотря на предпринимаемые усилия по распределению водных ресурсов между потребителями, даже в рамках одной страны не удаётся полностью избежать диспропорций водопотребления, особенно между средним и нижним течением реки. Это требует разработки и согласования **единых методов оценки** располагаемых к использованию водных ресурсов, **механизмов планирования и контроля** распределения водных ресурсов, основанных на русловом водном балансе. В маловодные годы в бассейне складывается достаточно сложная ситуация, которая требует принятия определенных решений по **усилению совместного сотрудничества**, в первую очередь дополнительными организационными и юридическими мерами (расширение зоны действия БВО, усиление его правового статуса и др.). Необходимо подготавливать основу для достижения будущего соглашения по водоразделу с **Афганистаном**, по **нормированию русловых потерь** и др. Существующие соглашения не охватывают все вопросы совместного управления трансграничными водами в бассейне. **Приток воды в Аральское море не гарантируется**. Остаются открытыми вопросы по региональному и межотраслевому **обмену информацией**, охране водотоков международного значения, по **процедурам совместного водоучета** на трансграничных реках, процедурам **разрешения споров** и др.

Практика управления водными ресурсами в бассейне Амударья показывает, что все государства бассейна демонстрируют заинтересованность в разработке **согласованной политики** использования водных ресурсов, направленной на предотвращение возможных **конфликтов** между государствами. В этой связи для устойчивого управления водными ресурсами бассейна необходимо разработать **долгосрочную водную стратегию, основанную на сценариях использования водных ресурсов**, учете сценариев изменения (потепления) климата, адаптационных мер, регулирования стока каскадами ГЭС и выполнении экологических ограничений. Сегодня принято, что на трансграничном уровне распределение водных ресурсов между государствами будет основываться на **принципе “существующего водопользования”** (для чего установлены лимиты на водозаборы из трансграничных рек) до тех пор, пока не будет сформулирована, устраивающая все государства, **водная стратегия региона**, которая определит усовершенствованные механизмы и критерии распределения воды, в увязке с стратегиями развития стран в **гидроэнергетическом и аграрном секторах**. Данная стратегия должна интегрировать в себе международные опыт, новые подходы, возможности, выводящие бассейн на новый качественный уровень, когда отраслевой, однокомпонентный подход к управлению становится не эффективным, когда есть понимание того, что только **совместные действия всех заинтересованных сторон** способны не допустить экологической катастрофы, снизить риски продовольственной и энергетической безопасности стран.

Между тем бассейн уже сейчас работает в условиях, которые отличаются от установленных ранее постулатов, в частности в части колебаний расходов и стока, не вписывающихся в постулаты «Схемы комплексного использования водных ресурсов р. Амударьи», не учитывает имеющиеся тенденции в изменении стока рек, а также характеристики развития отдельных участков реки и зон планирования, которые вносят отклонения в возможности существования по сценарию «сохранения существующих тенденций».

Долговременная водная стратегия должна учесть колебания в водных источниках с тем, чтобы определить линию поведения в отличных от средних условиях, но одновременно взять на вооружение современные методы улучшения управления водными ресурсами с учетом внедрения ИУВР, совершенствования учета и прогнозирования водопользования, в том числе и с применением дистанционных методов, а также выработки взаимоприемлемых институциональных, юридических и финансовых приемов взаимодействия этой сложной системы управления.

Базирование на **долговременную водную стратегию** позволит учесть и минимизировать (в общих проектах регионального значения) риски от имеющихся дестабилизирующих факторов, таких как рост населения и потребности в воде, экологические проблемы, изменение климата и его последствия, планы Афганистана по использованию стока Амударьи и ее притоков. Важное значение для реализации стратегии будут иметь: **внедрение принципов демократического управления** водными ресурсами путем привлечения к управлению представителей всех сторон и секторов, заинтересованных в использовании водных ресурсов, постепенной передачи им части руководства на нижние уровни водной иерархии; **формирование общественного сознания** (мнения), тренинг лиц, реализующих стратегию; **решение социальных проблем** (доступ к питьевой воде, занятость населения и др.).

2. Логическая модель управления водными ресурсами в бассейне реки Амударьи

Логическую модель управления водными ресурсами бассейна Амударьи можно сформулировать на основе **изучения составляющих водохозяйственных систем** (участки речная сети, каскады ГЭС и водохранилищ, зоны планирования, водные экосистемы), отражающих их реальное «поведение» во всех наиболее важных ситуациях и вызовах, с точки зрения современных водохозяйственных проблем и рисков будущего (демографическая нагрузка, влияние климата и др.). Построение такого семейства нельзя осуществить только на основе анализа технических характеристик, потребностей и гидрологии водохозяйственных систем (зон планирования), участков рек, режимов ГЭС, необходимо также **изучение правовых, социальных и экономических аспектов** проблем управления водными ресурсами.

Исследование задач и проблем управления водными ресурсами бассейна реки Амударьи позволило проанализировать функционирование водохозяйственных систем бассейна Амударьи и предложить **логическую модель** управления водными ресурсами, которая:

- Вносит логику в управление водными ресурсами, устанавливая **взаимосвязь управляющей и управляемой систем**, определяет важные **принципы управления** (которые будут учитываться в исследованиях PEER)
- Усиливает инструменты (модели) управления **логикой анализа и правилами функционирования и управления бассейном** (вклад PEER в совершенствование существующих инструментов управления водными ресурсами бассейна).

Управляемая и управляющая системы

Система управления водными ресурсами бассейна Амударьи (как объект анализа и моделирования в проекте PEER) включает в себя **управляемую часть**, т.е. объект управления (ВХК) и **управляющую**. В проекте PEER при моделировании и проведении численных расчетов (экспериментов) система управления водными ресурсами, представленная в виде модели ВХС, рассматривается как **инструмент построения, оценки и исследования альтернативных стратегий** (сценариев). Исследователь имеет возможность посредством пользовательского WEB-интерфейса ASBmm формировать **управляющие воздействия** в виде параметров, трендов исследуемого объекта. Может возникнуть **обратная связь**, когда модель ВХК (управляемой части) выводит информацию, которая показывает ошибки, неточности управления, после чего управляющие воздействия уточняются. Такие уточнения могут касаться: демографических трендов, цен реализации сельскохозяйственной продукции, тарифов на электроэнергию, состава сельскохозяйственных культур, режимов работы ГЭС, выбора сценария климатических изменений, сценария аграрного развития ЗП, экологических требований к стоку рек и др. В проекте PEER управляемая часть ВХС бассейна, иначе ВХК, представляет собой совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы; ВХК исследуются в границах отдельных стран и ЗП в разрезе природного, водного, энергетического и ирригационного субкомплексов. ЗП – это репрезентативный представитель ВХК, включающий все элементы ее инфраструктуры, такие как: водоснабжение, гидроэнергетика, и особенно оросительная и дренажная сети; находится в границах административной области стран бассейна или ее части. **Управляющая часть** (частично копируемая посредством WEB-интерфейса в ASBmm) включает: **организацию управления** (кому, где, как, когда организовывать управление, с использованием каких средств, с какой целью, в течении какого времени), **формирование и оценку управляющих воздействий** (учет нормативных документов, “правил”, логики управления – принципов, критериев, стимулов и др., совершенствование моделей и архитектуры WEB-интерфейса, подготовка и реализация численных экспериментов), **принятие и реализацию решения** (учет директивных постановлений, общественного мнения, обоснование и реализация решений по управлению на трансграничном, национальном, отраслевом и территориальном уровнях, контроль за выполнением решения).

Проблемы, принципы и логика управления водными ресурсами

Управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря должно базироваться на учете интересов основных пользователей и потребителей водных ресурсов - лимитировании расходов водозабора из трансграничных рек, выработке совместных решений стран по регулированию стока водохранилищами и распределению воды при экстремальных ситуациях (маловодье, паводок), согласовании работы водохранилищных гидроузлов с ГЭС (межгосударственного влияния) между странами.

На практике режимы работы всех основных водохранилищных гидроузлов с ГЭС и водозаборов бассейна Амударьи разрабатываются БВО и утверждаются МКВК без участия национальных энергокомпаний, а реализуются энергетиками, часто без согласования с МКВК. Такая **логика организации управления** может привести к необходимости (для исправления критических ситуаций) подключения к управлению Правительств стран бассейна, которые вынуждены будут взять на себя диспетчерские функции. Чтобы этого не произошло необходимо юридически закрепить за БВО дополнительные полномочия, позволяющие привлекать при планировании национальные энергокомпании. В случае прогнозирования дефицита водных ресурсов в бассейне Амударьи, при разработке плана БВО по регулированию и распределению стока должна

быть задействована процедура согласования с энергетиками режима работы Нурекской ГЭС и пропорциональной урезки водозаборов; режим Нурекского водохранилища должен быть согласован с режимами работы водохранилищ ТМГУ и внутрисистемных водохранилищах.

В перспективе могут возникнуть ситуации, обусловленные **перерегулированием современного режима Нурекской ГЭС** с целью: i) **оптимизации зимних потребностей** Таджикистана в электроэнергии (может привести к снижению летних попусков воды из водохранилища), ii) **минимизации холостых сбросов** (может привести к росту летних попусков в многоводные годы), iii) дополнительной выработки электроэнергии в летний период, направляемой на экспорт (может привести к росту летних попусков в многоводные годы). Вариант регулирования Нурекской ГЭС, предполагающий рост летних попусков может стать приемлемым для Туркменистана, а для Республики Узбекистан – только, если эта летняя электроэнергия не будет поставляться Кыргызстану в обмен (возврат Туркменистану) на зимнюю электроэнергию; такая схема обмена электроэнергией осложнит ситуацию в бассейне Сырдарьи – летние попуски из Токтогула снизятся, а зимние увеличатся, что приведет к еще большему летнему дефициту в Ферганской долине и осложнению паводковой ситуации в осенне- зимнем сезоне.

На основе логической модели, учитывающей риски и дестабилизирующие факторы (демографическая нагрузка, изменение климата, динамика цен на электроэнергию и продукцию сельского хозяйства, антропогенные воздействия, приводящие к конфликтам), планируется построить **аналоги подобных конфликтных ситуаций**. Будет учтено, что каждое государство для покрытия всех своих потребностей (экология, гидроэнергетика, орошение, питьевое водоснабжение, промышленность) будет стремиться получить в свое распоряжение из ограниченного трансграничного ресурса необходимое ему количество воды в заданном объеме, месте, режиме. В тоже время, будет принято, что в спектре интересов государств существует некоторая общая составляющая (иначе нет смысла вообще решать конфликтную задачу), которую необходимо найти. Например, из трансграничного водного ресурса будет выделен определенный объем, идущий на покрытие дефицитов воды и энергии. Предполагается, что дальнейший рост гидроэнергетического развития позволит более эффективно координировать управление - удовлетворение потребности орошения, энергетики и природной среды в условиях возрастающих колебаний стока. Будут учтены потребности Афганистана на водозабор из трансграничных рек, исследована ситуация с сокращением сброса КДС в реку Амударью и уменьшением ее водности и др.

В схеме распределения регулирующих функций между водохранилищами Вахско-Амударьинского каскада **работу ТМГУ** мы предлагаем рассматривать в виде некоторого рационального режима, который рассчитывается на основании ряда правил. Характеристики притока воды к гидроузлу рассматриваются в качестве тех переменных, с помощью которых осуществляется взаимосвязь режима работы ТМГУ с режимом Нурекского водохранилища, корректируются их режимы. Поиск рационального режима заключается в поэтапном построении частных решений. Определяются объемы регулирования стока в внутрисистемных водохранилищах (и соответствующие водозаборы в каналы, наполняющие водохранилища) исходя из следующих условий, выполняемых в порядке важности: компенсация стока реки Пяндж и зарегулированного стока реки Вахш по требованиям среднего течения Амударьи, перераспределение остаточного стока (приток к Тюямуюнскому гидроузлу) по требованиям нижнего течения Амударьи. В случае наступления маловодных лет работа внутрисистемных водохранилищ должна быть направлена в первую очередь на **снижение вегетационного дефицита**, который покрывается за счет максимально возможного водозабора из реки Амударья в межвегетационный период и создания запасов воды в водохранилищах к началу вегетации. В особо **многоводные годы** работа внутрисистемных водохранилищ (и соответствующих каналов) должна быть направлена

на максимально возможную срезку пиков паводка, проходящего по реке Амударья. Такая **логика управления** выработана практикой регулирования стока и его распределения в бассейне.

В качестве возможного механизма усиления взаимодействия БВО «Амударья» с национальными водохозяйственными органами следует иметь в виду целесообразность создания и развития **Бассейнового водного Совета**, как добровольной организации «стейкхолдеров» бассейна и его филиалов на уровне каждого из четырех территориальных управлений БВО для участия в выработке согласованных режимов управления, оценки резервов в водоподаче и возможности водосбережения, а также для ожидаемого налаживания отношений с национальными поставщиками воды.

Усиление математических моделей

В проекте PEER усиление математической модели управления водными ресурсами Амударьи в составе информационно-программного WEB-комплекса ASBmm (www.asbmm.uz) будет выражаться в включении в модель **логических операторов** типа “Если ..., то...; иначе – то...”. Логические операторы будут включены в алгоритм водного **баланса ЗП**. Водный баланс формируется в зависимости от принятой **логики использования трансграничных и локальных (местных) источников водных ресурсов**. Будут предложены следующие варианты: “**базовый**”, соответствующий существующей договоренности между странами по квотам использования водных ресурсов, и вариант “**сбережения водных ресурсов трансграничных вод**”. По первому варианту в ЗП вода из трансграничных вод подается согласно квотам исходя из водности рек в полном объеме, предусмотренном лимитами на водозабор, если воды в реках достаточно, или в объеме, пропорционально урезанном при дефиците стока. По второму варианту потребности ЗП, прежде всего, покрываются за счет локальных (местных) водных ресурсов, и только оставшийся дефицит – из трансграничной реки; при этом, работает ограничение из “базового варианта”, согласно которому из трансграничных рек нельзя забрать больше количество воды, чем предусмотрено лимитами на водозабор. Рассчитанный по двум вариантам водозабор из трансграничных и локальных источников формирует два варианта водного баланса, включающего возвратный (коллекторно-дренажный) сток, боковую приточность в реки, потери и дефицит воды в ЗП.

Моделирование **бокового притока в реки** основывается на описании функций отдельных его составляющих: КДС зоны планирования, сбрасываемого в реки (КДС распределяется следующим образом: часть идет в соседнюю ЗП, часть повторно используется на орошение, часть сбрасывается в озера и часть сбрасывается в реки), сбросных вод с бытового сектора и промышленности в реки, а также сбросов остаточного стока по малым рекам. Подземная составляющая бокового притока в реки в моделях учитывается как элемент русловых потерь (со знаком минус), наряду с потерями на испарение и фильтрацию, а также “русловым регулированием” (наполнением русла реки и поймы на подъеме паводка и сработкой накопленной воды на спаде паводка). Боковая приточность в реки, включающая в себе возвратный КДС с полей орошения, описывается с определенным временным лагом как функция от водозабора текущего предыдущего временного периода, а также водности территории формирования КДС. Такая логика определяет **гипотезу и вид эмпирических зависимостей**, включаемых в модель ЗП.

Разрабатываемые в PEER рекомендации по управлению водными ресурсами (которыми могут пользоваться и аналитики и ЛПР) представят альтернативы, построенные на основе **анализа причинно-следственных связей** широкого диапазона входных данных, включающие **логику самого пользователя модели** в виде его данных и решений (по выбору сценариев).

На данном этапе сотрудничества страны бассейна Амударьи не готовы применять методы управления водными ресурсами, которые основаны на принципах **совместного использования выгод верхнего и нижнего течений в виде доходов производства**; но информирование ЛПР о таких выгодах дает дополнительную аргументацию в отстаивании своих позиций и решении спорных вопросов. Поэтому, **информация о бассейновых выгодах (как и ущербах)** должна оцениваться в современных инструментах (моделях) управления водными ресурсами.

При выработке в проекте PEER **критериев оценки альтернатив** в модели можно включить показатели, отражающие: дефициты воды, электроэнергии (в том числе на 1 человека), полученные в результате оценки балансов ресурсов на основе анализа “предложение - спрос”, “производство - потребность”. При этом, можно оперировать такими терминами, как **“водная безопасность”**, **“энергетическая безопасность”**. **“Продовольственная безопасность”** может характеризоваться продуктивностью воды и земли, а также, полученным в условиях дефицита воды и его отсутствия, количеством дефицитных продуктов орошаемого земледелия, отмеченных как стратегические в аграрных политиках стран. В литературе (David Grey, Claudia W. Sadoff., 2007) данные термины имеют несколько иной смысл: надежный доступ к воде, энергии, продовольствию.

Методика научных исследований (смотрите раздел 1.2) предполагает применение новых подходов, основанных на передовом опыте США, в помощь к адаптации существующих моделей и инструментов управления водными ресурсами к условиям и особенностям бассейна Амударьи. В процессе адаптации моделей ASBmm будет применен системный подход, согласно которому отдельные его составляющие (зоны планирования, реки, озера, водохранилища, ГЭС) рассматриваются как большие сложные системы управления и одновременно как элементы более общей системы – модели управления стран и всего бассейна. Будут использованы методологии решения задач моделирования сложных систем - методологии семейства ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacture), разработанные в США для программы компьютеризации промышленности, включающие функциональное моделирование (Function Modeling) – переосмысление и разработка принципиально новых функциональных процессов, моделирование информационных потоков (Information Modeling) – построение информационной модели на новом логическом уровне, программное обеспечение, внедряющее новые функциональные процессы и логику в ASBmm.

Принятие решений

При принятии решений может возникнуть **конфликт целей**, который ЛПР необходимо разрешить. В этом случае можно разделить функции процесса принятия решений между ЛПР и исследователем-аналитиком (имеющем в своем распоряжении модели и информацию). ЛПР определяет проблемы, цели, **предпочтения по целям**, а исследователь - подготавливает материалы по **альтернативам**. Исследователь должен четко выделять результаты, полученные на основе “реальных данных” и “экспертных оценках”, которые субъективны, но часто незаменимы для процесса принятия решений. Если представленный материал не удовлетворяет ожиданиям ЛПР, необходимо дальнейшее взаимодействие ЛПР и аналитика. Могут быть изменены ограничения, управляющие воздействия, критерии достижения эффективных результатов (например, достижение баланса интересов, целевых показателей, реальность выполнения). Альтернативы должны быть информативными, “прозрачными” и понятными, в виде значений **основной целевой функции** (при оптимизации) и **набора дополнительных показателей**, раскрывающих суть альтернативы. Выбор альтернативы и она сама принимаются с определенной степенью риска.

Набор альтернатив должен включать как долговременные варианты, направленные, например, на повышение КПД систем или внедрение новых видов поливной техники с более высоким КПД техники полива, так и кратковременные, характеризующиеся возможностью привлечения дополнительных источников воды из КДВ или сбросных вод, а также возможностью оптимального ущемления расходов подачи воды, мало влияющих на урожайность (такая задача была решена в Схеме КИОВР бассейна реки Сырдарья в 1978 г.).

Решения, принятые в одной стране, могут затрагивать интересы других (соседних) стран. Для нахождения компромисса между странами, как правило, не достаточно приемлемых технических решений и экономических обоснований, необходимо **оценка социальных последствий**; решениями могут быть затронуты **юридические и политические вопросы**. В этих случаях возможно привлечение политиков, имеющих дополнительную “политическую” информацию, например, о неотложных проблемах, реформах, о трансграничном сотрудничестве, существующих механизмах координации между странами, об аграрных и энергетических стратегиях стран, программах внедрения инноваций, реконструкции водохозяйственных и энергетических объектов, политических решениях по адаптации, инвестициях и др. **Поиск компромисса** основывается на отстаивании каждым государством своих суверенных прав, но и уважении прав других государств, а также соблюдении основных принципов международного водного права, к которым можно отнести, как минимум, принцип справедливого и разумного использования водных ресурсов и принцип “не навреди”. При поиске компромиссного решения можно провести анализ с целью исключения заведомо неэффективных решений и вести поиск поэтапно с использованием определенного **логического правила**, например, так называемого **принципа Парето**, который можно сформулировать так: “следует считать, что любое изменение, которое никому не причиняет убытков (по сравнению с предыдущим шагом), а приносит некоторым водопотребителям (водопользователям) пользу (доход) является улучшением”.

Ориентиры развития водного сектора

Одна из особенностей бассейна Амударьи – ограниченность водных ресурсов, а следовательно – ограниченность производимых продуктов питания и низкая устойчивость водных экосистем. Данное ограничение выражается в неравномерном распределении дефицита воды по территории, времени и имеет не одинаковые последствия для различных государств, ВХР, ЗП, отдельных потребителей (пользователей). Естественный дефицит воды усугубляется искусственным, вызываемым не рациональным регулированием стока. Требуют стабильных ежегодных экологических попусков существующие водные экосистемы. Модель ЗП ASBmm в проекте PEER усилена с целью учет данных особенностей на основе ряда принципов, которые будут рекомендованы (как выходы PEER) в качестве общих ориентиров развития водного сектора стран бассейна до 2055 года. Например, все страны бассейна, добивающиеся консенсуса в управлении водными ресурсами, должны согласиться с тезисами: развитие стран бассейна невозможно без **внедрения инноваций** и мероприятий по уменьшению удельного спроса на ресурсы (на 1 человека), необходимо гарантировать **соблюдение пропорциональных лимитов** на подачу воды в страны из трансграничных рек и использование части стока этих рек для **поддержания водных экосистем** бассейна в согласованных режимах. Следующий тезис: следует признать, что в требованиях гидроэнергетики и орошения к режимам рек бассейна существуют и будут существовать в будущем противоречия, которые можно решать рациональным управлением крупными водохранилищными гидроузлами и каскадами ГЭС в рамках согласованных между странами режимных правил (ограничений) и принципов (выделение объемов для снижения дефицита в маловодные годы, соблюдение экологических попусков и др.) на основе **ресурсосбережения**.

Заключение

Логическая модель, объединяющая межгосударственный и национальный уровни управления, может быть использована с целью численного исследования отдельных элементов (объектов) водохозяйственных систем бассейна Амударьи, исследования сценариев развития водного и гидроэнергетического секторов стран бассейна в их увязке, в условиях демографического роста, возможного изменения климата и других вызовов будущего, с учетом требований охраны водных ресурсов.