



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



Research report

1.Preparation (planning & design)

1.2 Development of research methodology

Руководитель проекта, проф.

В.А.Духовный

Исполнитель

А.Г.Сорокин

Ташкент, июль 2016 г

Содержание

Введение

1.Методология

2.Схема сочетания сценариев

Заключение

Приложение

Введение

Исследования по проекту должны позволить: построить комплекс сценариев и вариантов управления водными ресурсами трансграничных рек бассейна Амударьи в форме оценок и рекомендаций для различных стейкхолдеров, создать БД проекта, улучшить существующие инструменты (модели), а также разработать методические и учебные материалы.

В данном отчете приводится часть результатов по первому этапу исследований: методология исследований и схема увязки сценариев развития бассейна Амударьи.

1.Методология

Методология научных исследований проводимых в рамках PEER, направлена на наращивание потенциала для ученых Центральной Азии по темам и направлениям, имеющим приоритетное значение для USAID, в партнерстве и сотрудничестве с научным сообществом США. В частности, поддерживаются научные и инновационные подходы к выбору стратегических решений, проблем управления, развития, продовольственной безопасности, улучшения экологической устойчивости, предотвращения трансграничных конфликтов. В результате реализации проекта PEER планируется повысить потенциал стран бассейна Амударьи в эффективном управлении водными ресурсами и создать платформу для научного сотрудничества как механизма построения доверия в регионе. Эффективному воздействию проекта на процесс развития и формированию нового качества партнерства будет способствовать сотрудничество с Ташкентским офисом USAID.

Применение системного подхода и проведение численного эксперимента

Теория управления дает методы решения двух основных типов задач. Первый из них – **методы решения задач анализа** работы системы управления - будут применены в Проекте при анализе временного периода 2010 - 2015 гг. Вторым видом задач являются **задачи синтеза**, когда указаны ориентиры, требования и определяется, как следует управлять (водными, земельными ресурсами), развивать существующие потенциалы (гидроэнергетический и др.), - в проекте будут исследованы на периоде 2015 - 2050 гг.

Основной метод, который будет применен в исследованиях – **имитационное моделирование**, предполагающее организацию численного эксперимента. Особое значение при имитации будет уделено разработке решений противоречивых (конфликтных) ситуаций, возникающих при занятии разными процессами общего ресурса во времени, пространстве и количестве. Имитационный процесс бассейна будет включать ряд процессов функционирования отдельных объектов и процессов, протекающих одновременно, или параллельно с некоторым временным шагом.

В области управления водными ресурсами **системный подход** может быть представлен как “метод решения проблем (задач), в котором делаются попытки построить копии реальной системы или ситуации с тем, чтобы в результате (численных) экспериментов с этой копией (моделью) получить некоторое понимание реальности” (А.Бисвас, 1985).

Весь комплекс исследований в проекте PEER базируется на **моделировании и анализе** различных вариантов (сценариев) состояния и условий функционирования водохозяйственных систем бассейна Амударьи на перспективу (до 2055 г), включая климатические изменения, регулирование стока рек водохранилищными гидроузлами с ГЭС, развитие инфраструктуры водохозяйственных систем, изменение спроса

(требований) на воду для питьевого водоснабжения, промышленности, орошения, водных экосистем (включая Аральское море).

Районирование и выделение объектов для исследования

Выполнено **водохозяйственное районирование** бассейна Амударьи, что позволило определить основные объекты исследований – участки речной сети, каскады ГЭС, водохранилища, ЗП, магистральные каналы и коллектора, увязать их в бассейне в границах крупных **ВХР** (верхнее, среднее, нижнее течения Амударьи), в рамках государств по всему бассейну реки Амударьи и бассейнам основных ее притоков. Именно с учетом районирования и выделенных для исследования объектов разработана структуры БД проекта и произведен сбор данных.

В данной структуре **водные ресурсы** учитываются по всем **источникам**: поверхностные воды рек, водохранилищ, озер, подземные воды (эксплуатационные расходы воды), возвратные воды (сбросные, коллекторно-дренажные). **Реки** разбиты на балансовые участки; выделены: трансграничные и местные реки МБА, реки Туркменистана. Выделены **водохранилища и каскады ГЭС**, расположенные на трансграничных реках и магистральных каналах МБА, а также водохранилища, расположенные на местных источниках (реках). В **ЗП** (смотрите Приложение) выделены участки (зоны), орошаемые из Амударьи, ее основных притоков (Вахш, Пяндж, Кафирниган), а также из местных поверхностных источников воды (к таким условно отнесены реки Сурхандарья, Заравшан, Кашкадарья, Теджен, Мургаб). Отдельно исследуется зона Гарагумдарьи (Каракумского канала). ЗП характеризуется: орошаемыми массивами, оросительной и дренажной сетью, водными ресурсами (поверхностными, подземными), КДС орошаемых полей, озерами, водохранилищами, потребителями бытового сектора и промышленности, сточными водами. **Орошаемые массивы** (в контуре ЗП) характеризуются набором орошаемых площадей, которые выделены для сельскохозяйственных культур (смотрите Приложение). **Трансграничная составляющая ЗП** учитывается при оценке речного стока, орошаемых площадей (выделяется трансграничная и местная составляющие), моделировании сети рек и магистральных каналов, имеющих межгосударственное значение.

Сценарии

Оценка развития бассейна Амударьи в проекте РЕЕР выполняется по **сценариям развития** секторов экономики стран, главным образом, орошаемого земледелия & аграрного сектора и гидроэнергетики, которые строятся с учетом стратегий и программ развития стран. Удовлетворение требований питьевого водоснабжения, экологии и промышленности является приоритетным. Основные показатели, по которым выполняется оценка сценариев: продуктивность водных, земельных ресурсов, гидроэнергетики. Основные управляющие воздействия: режимы водохранилищ и ГЭС, состав с/х культур, внедрение инновационных технологий, сберегающих водные ресурсы и повышающих урожайность с/х культур. Для оценки перспективы 2016-2055 гг в проекте РЕЕР выделены: климатические сценарии, ряды естественного стока рек бассейна, сценарии работы Нурекской ГЭС, сценарии развития аграрного сектора и размещения сельскохозяйственных культур.

Выбор климатических сценариев

Глобальные климатические изменения очень сложны, поэтому современная наука не может дать однозначного ответа, что же нас ожидает в будущем, тем более что эти изменения зависят не только от природных, но и от социально-экономических факторов предопределяющих выбросы парниковых газов. Существует множество сценариев развития ситуации.

Наиболее надежным инструментом для моделирования физических процессов, определяющих климатические изменения, до настоящего времени считались трехмерные численные модели общей циркуляции атмосферы [Агальцева Н.А., 2002]. Эти модели используют различные исходные данные и сценарии эмиссии парниковых газов, и показывают различные результаты, - поэтому, в условиях значительной неопределенности в оценках, на региональном уровне (бассейн Аральского моря, бассейн Амударьи), как правило, отбиралось несколько сценариев и моделей; строились **региональные климатические сценарии** методом усреднения результатов моделей ведущих мировых климатических центров - HadCM3, Hadley Centre, Великобритания; ECHAM4, Max Planck Institute, Германия и др. [Агальцева Н.А., Болгов М.В и др., 2011].

Климатические сценарии строятся в соответствии со сценариями эмиссии парниковых газов МГЭКИК, которые характеризуют изменения средних значений к 2030, 2050, 2080 году и т.д. Сценарии эмиссии строятся на различных предположениях о динамике социально-экономических факторов и, соответственно, различных уровней выбросов парниковых газов. Сценарии год от года уточняются и публикуются в специальных отчетах. Исследуются следующие семейства таких сценариев: B2 (умеренный, более влажный вариант), A2 (более сухой вариант), A1B и др.

В настоящее время расчеты будущих региональных изменений климата выполняются с помощью ансамбля глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) **нового поколения**. Для построения климатических сценариев для территории Узбекистана используется два подхода. Первый из них - стандартный подход по построению климатических сценариев **на основе общедоступных данных климатических моделей из базы MAGICC/SCENGEN**. Климатические сценарии для строятся по ансамблю климатических моделей MAGIC/SCENGEN, версия 5.3, определяемых на основе статистик успешности моделей для равнинных и горных территорий Центральной Азии. Этот подход позволяет выбрать модели наилучшим образом описывающих климатические изменения в ЦА регионе, и на базе осредненных модельных характеристик получить сценарии будущих климатических изменений на определенный момент времени в будущем (30, 50 годы и т.д.). Данные модели для территории региона показывают значительный разброс ожидаемых повышений среднегодовых температур к 2080 году (от 9.3 до 3.3°C), что связано с различной чувствительностью моделей и другими особенностями (разрешение, степень развития, корректность параметризации модели для отдельных регионов, различное качество данных и др.).

Другой подход к построению сценариев стал доступен нам благодаря сотрудничеству с программой CAWa «Вода в Центральной Азии», который финансируется Немецким Федеральным Министерством Иностранных Дел. Это часть немецкой водной инициативы для Центральной Азии в рамках “Берлинского процесса”, начатой Немецким Федеральным Министерством Иностранных Дел в апреле 2008 года. Германский Центр Исследования Земли (GFZ) в г. Потсдам успешно осуществляет координацию данного проекта. В этом случае есть возможность получить выходные данные **глобальных циркуляционных моделей** с высоким пространственным разрешением, которые позволяют строить ряды будущих сценариев изменения климата. При оценке воздействия возможных изменений климата на водопотребление сельскохозяйственных культур и водных ресурсов, **в проекте PEER** используются результаты региональных моделей REMO-0406 и REMO-0507 с пространственным разрешением 0,5° и 0,16° основанные на сценарии развития концентрации парниковых газов CMIP3 SRES-A1B. В рамках проекта CAWa в **University of Wurzburg** были получены результаты моделирования регионального климата для Центральной Азии, покрывающие **всю территорию бассейна Амударьи**.

Под **адаптацией** будем понимать самонастройку, обеспечивающую развивающейся системе устойчивость развития и стабильность по ряду показателей. Адаптация к климатическим изменениям предусматривает разработку мероприятий и определение управляющих воздействий, которые обеспечивают развитие стран и бассейна Амударьи в целом. Анализ водохозяйственных и энергетических объектов бассейна показывает, что они **способны к адаптации** (в случае развития ситуации по “мягким” климатическим сценариям).

Моделирование стока рек

Основными источниками питания рек бассейна реки Амударьи являются талые воды сезонного снежного покрова и ледников. От их реакции на изменение климатических параметров зависит водность рек. Снегонакопление в холодный период года в значительной степени определяет величину весенне-летнего стока, и именно запасы снега определяют основной вклад в формирование стока в виде поступления талой воды на водосбор и талой составляющей вегетационного стока. В бассейнах многих рек региона наблюдается тенденция к сокращению запасов снега, что соответствует тенденциям роста температуры воздуха, наблюдаемым по метеостанциям региона. С повышением температуры воздуха ухудшаются условия для формирования запасов снега в горах, происходит их сокращение и в некоторых зонах водосбора это находит свое отражение в убыли стока.

В качестве одного из **основных инструментов моделирования** данных процессов и расчета стока рек бассейна Аральского моря на отдаленную перспективу используют математическую **модель формирования стока САНИГМИ**, позволяющую оценивать роль и вклад разных источников питания в сток рек (Денисов М.В., Агальцева Н.А., Пак А.В., 2000); модель рассчитывает сток рек на основе сценарных оценок климата (температура, осадки). Существует опыт использования и других гидрологических моделей в бассейне Аральского моря: **WASA** (German Research Centre for GeoSciences, проект CAWa), **HBV** (Y.Hundecha, A.Bardossy., 2004) и др. К сожалению, модели WASA и HBV к бассейну реки Амударья не адаптированы. Модель САНИГМИ (НИГМИ) использовалась для оценки стока рек бассейна Сырдарьи (НИГМИ, 2014), некоторых рек бассейна Амударьи (Вахш, Кафирниган, Сурхандарья, Кашкадшарья) и самой Амударьи на отдаленную перспективу, соответствующую по климатическим параметрам сценариям REMO. **Для реки Пяндж оценок на основе модели НИГМИ и других гидрологических моделей не существует** по причине отсутствия необходимого количества и качества исходных данных и неудовлетворительной калибровки. Данное обстоятельство вынудило нас применить в проекте PEER наряду с оценкой стока рек по модели НИГМИ альтернативный подход, позволяющий построить на перспективу гидрографы всех основных притоков Амударьи, включая реку Пяндж.

Таким **альтернативным подходом** является опыт моделирования стока рек с использованием **исторических циклов-рядов**, откорректированных на будущее по фактору климатических изменений. Данный подход, примененный в комплексе моделей ASBmm [www.asbmm.uz] и отработанный на фактических данных (включая сравнение расчетных и фактических рядов рек за 2010-2015 гг), основан на концепции цикличности колебаний природных процессов, которая рассматривается не как простое периодическое повторение наблюдаемых явлений, а как поступательное развитие, на которое накладываются изменения, вызванные климатом; корректировка рядов происходит по коэффициентам, рассчитанным по результатам оценок модели НИГМИ, - таким образом, в данном подходе концепция цикличности (где учтены все особенности местного формирования стока) усиливается гидрологическим моделированием, соответствующем климатическим сценариям. Используя данный подход в PEER, мы проектируем оценку

НИГМИ (в виде отклонений от нормы стока к 2020–2060 гг), построенную на основе климатических сценариев REMO, на естественные циклы гидрографов стока, имеющих продолжение в будущем и сохраняющих наблюдаемые тренды. Поскольку отклонения стока на 2020–2060 гг, вызываемые изменениями климата по сценарию REMO, отсутствуют, эти отклонения рассчитываются балансовым методом на основе отклонений основных стока Амударьи и ее притоков.

Применяя ASBmm-подход, мы вынуждены ликвидировать имеющиеся пробелы в данных наблюдений и **восстанавливать ряды** стока рек Пяндж (Таджикистан), Кундуз (Афганистан), Мургаб и Теджен (Туркменистан). Это позволило выполнить работу по оценке водных ресурсов бассейна Амударьи за 2010-2015 годы и построить ожидаемые гидрографы рек на будущее как продолжение существующих природных циклов с поправкой на изменения, вызываемые новым климатом.

Для реки Пяндж расчетная схема следующая: строятся зависимости между годовым стоком реки Пяндж W_p и суммарным годовым стоком рек всего бассейна W на данных НИЦ МКВК до 2000 года. Балансовым методом оценивается естественный сток рек бассейна Амударьи за 2000-2015 годы (как алгебраическая сумма измеренного стока Амударьи в ГП Керки, безвозвратного водозабора в Таджикистан и Узбекистан выше этого поста, объема регулирования стока в Нурекском водохранилище, русловых потерь); и далее – по полученной зависимости $W_p(W)$ рассчитывается (восстанавливается) сток реки Пяндж W_p на 2000-2015 гг.

Существует также подход, основанный на стохастической концепции колебаний стока, исходя из предпосылки, что процесс стока случаен, и описать его можно с помощью методов теории вероятности и математической статистики. Примером использования такого подхода являются модели для рек Вахш, Амударья, показывающие оценки в условиях большой неопределенности [Агальцева Н.А., Болгов М.В и др, 2011]. Результаты стохастического моделирования не будут использоваться в РЕЕР в качестве исходной информации при численных экспериментах регулирования и распределения стока в бассейне Амударьи, но будут учтены при сценарной оценке будущей ситуации в бассейне, сравнении результатов разных подходов.

Сценарии водопотребления и размещения сельскохозяйственных культур

Одна из главных задач проекта - **исследование сценариев водопотребления** отдельных областей (зон планирования) стран бассейна непосредственно связана с исследованием сценариев **развития орошаемого земледелия**, являющихся составной частью национальных стратегий аграрного и социально-экономического развития стран; в проекте будут исследованы три сценария: i) сценарий сохранения существующих тенденций, ii) сценарий продовольственной безопасности и замещения импорта, ii) сценарий, ориентированный на экспорт с/х продукции. Продовольственная безопасность и ориентация на импорт замещение и экспорт с/х продукции должны стать основными ориентирами в аграрной политике фермеров в будущем. Сценарии размещения сельскохозяйственных культур основываются на анализе стратегий (сценариев) развития сельского и водного хозяйства в долгосрочной перспективе по всем странам бассейна Амударьи. Это может выражаться, например, в сокращении посевов хлопчатника (до определенного уровня, принятого государством), росте посевов пшеницы и кормовых (согласно сценарий продовольственной безопасности и замещения импорта), в увеличении площадей под овощи, сады и виноградники (сценарий, ориентированный на экспорт с/х продукции). Данные сценарии будут отражением аграрных политик стран по внедрению **инновационных технологий** (внедрение ИУВР, капельное орошение и др.), повышающих продуктивность (урожайность) и сберегающих водные ресурсы (посредством снижения норм полива и потерь воды). Все ЗП должны быть “настроены” на расчет водопотребления следующих с/х культур: хлопчатник, пшеница, кукуруза на

зерно, рис, овощи и бахчевые, сады и виноградники, кормовые (люцерна, кукуруза на силос), приусадебные (для которых выделяется установленная норма водоподачи), прочие (технические культуры исключая хлопчатник); учтены повторные культуры (рис, кормовые, овощи), имеющие свои характерные периоды полива.

Сценарии водопотребления не ирригационного сектора (питьевое водоснабжение, промышленность) строятся согласно существующим национальным стратегиям и планам развития этих секторов (до 2020 года), а также экспертных оценок (после 2020 года), учитывающих, в частности, тренды роста населения и нормы подачи воды на 1 человека (питьевое водоснабжение).

Исследование водных балансов и адаптация ASBmm

Комплекс моделей ASBmm – коллективный труд, разработан в кооперации НИЦ МКВК (проф. В.А.Духовный, А.Г.Сорокин и др.) с UNESCO IHE Institute for Water Education, Нидерланды (Dr.Joop de Schuter, Dr.Maskey), с привлечением ведущих специалистов БВО “Сырдарья”, БВО “Амударья”, Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан (Dr.Petrov G.N), Агенства GEF, Института Прогнозирования и Макроэкономических Исследований Республики Узбекистан (Dr.Cherpel S.V). Информационное обеспечение: региональная база данных НИЦ МКВК, включая данные филиалов НИЦ МКВК стран Центральной Азии - данные Гидрометов стран ЦА, БВО, Министерств водного хозяйства и других организаций.

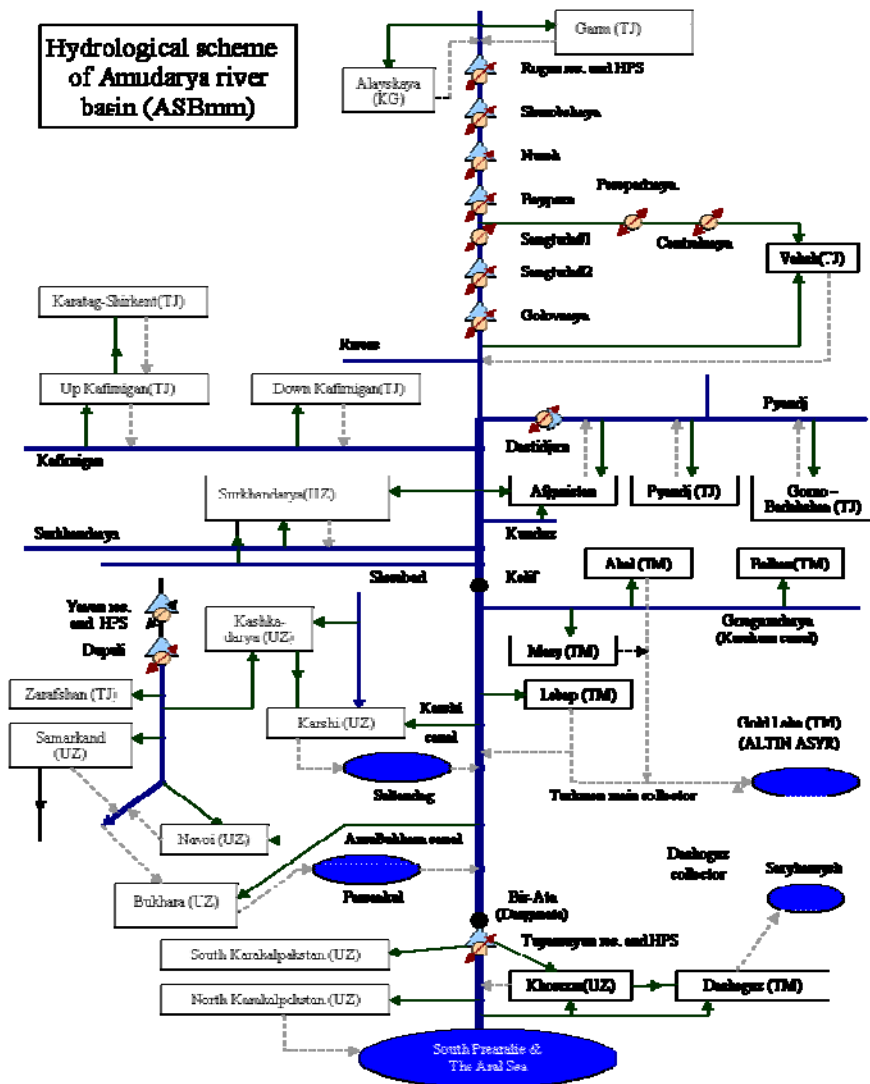
Программный комплекс ASBmm включает: модель распределения водных ресурсов (WAm), модель зоны планирования (PZm), социально-экономическую модель (SEm), пользовательский Web-интерфейс, Базу данных. Модель WAm – это инструмент для моделирования регулирования стока основных рек бассейна Аральского моря крупными водохранилищными гидроузлами с ГЭС трансграничного воздействия, распределения поверхностных водных ресурсов между ЗП; позволяет выполнять водобалансовые и гидроэнергетические расчеты ежемесячно на 25 лет. Модель PZm – инструмент для расчета водопотребления в ЗП, позволяет рассчитывать в ЗП продукцию орошаемого земледелия и потери продукции при возникающем дефиците воды; составлять водохозяйственные балансы отдельных ЗП, в увязке с речной сетью.

ЗП – 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 (например, для Республики Каракалпакистан – ее Южная и Северная части); в малом бассейне Амударья выделено 22 зоны планирования.

Концепция ASBmm основывается на следующих принципах управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря на 2015-2035 гг.

Лимиты – установленный соглашениями и соблюдаемый (контролируемый) забор воды в головные каналы; не изменяемая квота для стран бассейна Аральского моря (межгосударственный уровень).

Равномерность – принцип распределения воды между станами (но не обязательно внутри одной страны), - вода (или дефицит воды) распределяется пропорционально лимитам на водозабор в каналы.



Баланс – между предполагаемым водным обеспечением и потребностью; - может быть достигнут посредством управления, например, изменения попусков из водохранилищ и др.

Оптимизация - в пределах установленных правил (ограничений), например, попуски из ГЭС в зимнее время будут определяться не потребностями в электроэнергии, а оптимизацией, осуществляемой в пределах установленных правил (максимальных и минимальных попусков).

Компенсация - осуществляется вследствие установленных ограничений, например, при летних выпусках из ГЭС, проводимых для потребностей ирригации, превышающих энергетические потребности (потери в электрическом или денежном эквиваленте).

Продуктивность – Ключевой параметр (индикатор) для оценки и сравнения результатов.

Экономичность – как свойство (характеристика, качество, атрибут) чего-либо, например, нормы водопотребления с/х культур для капельного орошения, дождевания, другие инновации.

Эффективность – как достижение лучшего результата, например, роста продуктивности (в гидроэнергетике, орошении) за счет лучшего управления ресурсами; рост КПД; снижения потерь (в гидроэнергетике, орошении); - определяется в результате сравнения сценариев, режимов (ГЭС), стратегий развития сельского хозяйства (продовольственная безопасность и замещение импорта; ориентация на экспорт) и др. Способ (режим) может быть потенциально экономичен, но не эффективен в той или иной ситуации.

Задача адаптации ASBmm, предусмотренная **проектом PEER**, предполагает помимо исследовательской части (переосмысления функционирования отдельных объектов и системы в целом, уточнения отдельных функций, внесения новых факторов и переменных) работу по программированию. В этом направлении должна быть уточнена функциональная модель зоны планирования ASBmm, внесены **изменения в алгоритм расчета водного баланса** данной модели, а также в структуру БД и меню пользователя (**WEB-интерфейс**). Все эти изменения и дополнения соответствуют требованиям, принятой для проекта PEER, **методологии моделирования сложных систем (Function Modeling) и информационных потоков (Information Modeling), разработанной в США**. Также необходимо внести изменения, позволяющие строить сценарии и выполнять расчеты с 2015 до 2055 годы.

Исследование водных балансов ЗП будет осуществляться в увязке с водными балансами участков рек бассейна (учитывающими русловые потери), что позволит уточнить и расширить информацию о **закономерностях формирования отдельных составляющих водного баланса** и подготовить (правильно настроить) инструмент ASBmm для численных экспериментов – расчета сценариев развития зон планирования.

Некорректность

Следует ожидать, что незначительная неточность в алгебраических вычислениях может привести к совершенно неверным результатам. Другими словами, принцип “корректности”, когда малым причинам должны отвечать малые следствия (последствия) в моделировании управления водными ресурсами бассейна Амударьи не применим. Например, снижение летних попусков воды из Нурекского водохранилища **в критические периоды** (при выдерживании плановых попусков в целом за вегетацию) могут создать дефицит воды с значительной потерей урожая сельскохозяйственных культур.

Стохастичность

Данное явление в физических процессах формирования стока рек Амударьи всегда соседствует с детерминистическими законами; поэтому ориентироваться при оценках располагаемых водных ресурсах следует на осредненные, более “стабильные” характеристики. Однако при управлении водными ресурсами (регулировании стока в водохранилищах, распределении воды между ЗП и вдоль рек) очень важно отслеживать **помесячную (или даже подекадную) изменчивость стока, потерь и дефицитов воды**, определяемых антропогенным фактором (смотрите понятие “некорректность”).

Пороговые значения

Существуют некоторые критические значения внешнего воздействия, приводящие к резкому качественному изменению моделируемых процессов и оценок. Исследователи и ЛПР должны “чувствовать” и знать эти **пороговые величины** и назначать управляющие воздействия, не превышающие их.

Интерпретация и проблема понимания

Вопросы и способы интерпретации результатов исследований (численных расчетов), представления данных имеют ключевое значение в выработке решений и доведения их до исполнителей. Модель может быть сложной, но интерфейс (для пользователя – “меню” в котором он работает) обязательно должен быть понятным.

2.Схема сочетания сценариев

После адаптации ASBmm планируется использовать для **комплексного анализа альтернатив развития и управления**. В качестве ориентира намечаемых численных экспериментов будет служить **разработанная схема**, сочетающая все основные сценарии возможного развития бассейна до 2055 года. В схему включены: сценарии климатических изменений, влияющих на водопотребление с/х культур и режимы рек; гидрологические ряды расходов рек зоны формирования стока; варианты режимов работы ГЭС; варианты размещения с/х культур, построенные на основе сценариев развития аграрных секторов стран, включающих инновации; варианты назначения экологических попусков в озера дельты Амударьи (Приаралье); варианты учета требований Афганистана.

Сочетания сценариев на период 2016-2055 годы формулируются как “случаи”, собранные по отдельным “задачам”, таким как: оценка естественных водных ресурсов; оценка зарегулированного стока и выработки электроэнергии на ГЭС; определение требований на воду и потенциальной продуктивности ЗП; оценка водообеспеченности и продуктивности ЗП в условиях изменения климата, регулирования стока ГЭС при различных сценариях аграрного сектора и экологических ограничений, и т.д. Примеры сочетания сценариев приводятся в таблицах 2.1, 2.2.

Таблица 2.1 Примеры сочетания сценариев формирования и регулирования водных ресурсов бассейна Амударьи на 2016-2055 гг

Задачи	Сценарии	Случаи
1.Оценка естественных (не зарегулированных) водных ресурсов бассейна Амударьи	А. Ряды расходов рек в естественном режиме: А1. НИЦ МКВК, А2. НИГМИ (не для всех рек бассейна) В. Климатические изменения: В1. Нет климатических изменений В2. REMO-0406	Случай 1.1. - сочетание сценариев А1., В1 Случай 1.2. - сочетание сценариев А1., В2
2.Оценка зарегулированного стока рек и выработки электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС	А. Ряды расходов рек в естественном режиме: А1. НИЦ МКВК, А2. НИГМИ (не для всех рек бассейна) В. Климатические изменения: В1. Нет климатических изменений В2. REMO-0406 С. Режимы работы Нурекской ГЭС С1. Режим 2010-2015 гг С2. Максимизация зимней выработки С3. Дополнительная выработка в летний период (экспорт летней электроэнергии)	Случай 2.1. - сочетание сценариев А1., В2.,С1 Случай 2.2. - сочетание сценариев А1., В2 .,С2 Случай 2.3. – сочетание сценариев А1., В2 .,С3

Таблица 2.1 Примеры сочетания сценариев развития ЗП (водный режим, продуктивность) бассейна Амударьи на 2016-2055 гг

Задачи	Сценарии	Случаи
3. Оценка требуемого водопотребления и потенциальной продуктивности земель в ЗП	<p>В. Климатические изменения: В1. Нет климатических изменений В2. RЕМО-0406D. D. Развитие аграрного сектора: D1. Сохранение существующих тенденций D2. Продовольственная безопасность D3. Реализация экспортного потенциала</p>	<p>Случай 3.1. - сочетание сценариев В2., D1 Случай 3.2. - сочетание сценариев В2., D2 Случай 3.3. - сочетание сценариев В2., D3</p>
4. Оценка водообеспеченности и продуктивности земель в ЗП в условиях зарегулированного ГЭС стока и рисков водозабора Афганистана	<p>А. Ряды расходов рек в естественном режиме: А1. НИЦ МКВК, А2. НИГМИ (не для всех рек бассейна) В. Климатические изменения: В1. Нет климатических изменений В2. RЕМО-0406D. С. Режимы работы Нурекской ГЭС С1. Режим 2010-2015 гг С2. Максимизация зимней выработки С3. Дополнительная выработка в летний период (экспорт летней электроэнергии) D. Развитие аграрного сектора: D1. Сохранение существующих тенденций D2. Продовольственная безопасность D3. Реализация экспортного потенциала Е. Водозабор Афганистана Е1. В объемах 2010-2015 гг (2.5 км³) Е2. Дополнительная подача – постепенный рост на 3.5 км³</p>	<p>Случай 4.1. - сочетание сценариев А1., В21.,С1.,D2.,Е1 Случай 4.2. - сочетание сценариев А1., В21.,С1.,D2.,Е1 Случай 4.3. - сочетание сценариев А1., В21.,С2.,D2.,Е2 Случай 4.4. - сочетание сценариев А1., В21.,С2.,D2.,Е2</p>

Задача 1. “Оценка естественных (не зарегулированных) водных ресурсов бассейна Амударьи” наиболее простая; здесь предлагается исследовать два случая. Первый случай (1.1) предполагает оценку рядов стока рек бассейна Амударьи, построенных по методике аналогов исторических циклов-рядов, продолженных на будущее (НИЦ МКВК) в предположении отсутствия влияния климатических сценариев на сток рек. Второй случай (1.2) предполагает учет климатических изменений по сценарию RЕМО-0406; влияние климата учитывается посредством коэффициентов (поправок), рассчитанных по результатам оценок модели НИГМИ.

Задача 2. “Оценка зарегулированного стока рек и выработки электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС” отличается от задачи 1 тем, что ряды естественного стока рек изменяются посредством изъятия или добавления к нему части водных ресурсов водохранилищ. Для реки Вахш – это зарегулированный сток Нурекским водохранилищем. Зарегулированных сток реки Вахш, а также выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС предлагается исследовать по трем сценариям (режимам): С1.-режиму, выдерживающему вегетационные попуски в рамках попусков 2010-2015 гг; С2.-режиму, полученному при максимизации выработки электроэнергии на Вахшском каскаде в осенне-зимний период (данный режим будет отличаться от режима С., но только в маловодные годы, с максимальными рисками для ирригации); С3.-режиму, предполагающему увеличение попусков и выработки в вегетационный период; данный режим возможен при условии увеличения спроса на электроэнергию в летний период, - здесь возможны варианты: экспорт электроэнергии за пределы Центральной Азии, передача летней электроэнергии Кыргызстану в обмен на зимнюю (в этом случае существует риск перевода режима Токтогульской ГЭС на более “жесткий” энергетический режим).

Задача 3. “Оценка требуемого водопотребления и потенциальной продуктивности земель в ЗП” исследует сценарии развития аграрного сектора, включающие в себе варианты размещения сельскохозяйственных культур и внедрения инноваций (сценарий сохранения существующих тенденций, сценарий продовольственной, сценарий, ориентированный на экспорт сельскохозяйственной продукции и реализации экспортного потенциала), варианты расчета водопотребления сельскохозяйственных культур (по сценариям аграрного сектора и климатическим сценариям).

Задача 4. “Оценка водообеспеченности и продуктивности земель в ЗП в условиях зарегулированного ГЭС стока и рисков водозабора Афганистана” – наиболее сложная, поскольку предполагает расчеты по двум моделям ASBmm (с возможной итерацией) – модели ЗП и модели распределения водных ресурсов между ЗП.

Заключение

Проект даст возможность в методическом плане уточнить и расширить информацию о закономерностях формирования водного баланса рек, отдельных ВХР, ЗП. Научное сообщество получит уникальный опыт внедрения **адаптационного подхода**, нового для региона, предполагающего при моделировании максимальное приближение к реальности и обеспечивающего получение данных, покрывающих имеющийся дефицит информации.

Приложение к разделу 1.2 Development of research methodology

Обозначение	Наименование	Пояснения
C = { }	Crops	Элементы массива “с/х культуры”
cot	Cotton	Хлопчатник
whe	Wheat	Пшеница
ric	Rice	Рис
mai	Maize	Maize for grain / Кукуруза на зерно
veg	Vegetables	Овощные: картофель, томаты, корнеплоды, бобовые, бахчевые
orc	Orchards	Orchards and grapes / Фруктовые сады и виноградники
for	Forage	Forage crops / Кормовые: corn silage / кукуруза на силос, alfalfa / люцерна
oth	Other	Прочие: другие зерновые и технические – oil crops / масличные, сахарная свекла, табак и др.
hom	Homestead	Приусадебные
	Double crops	Повторные; в массив 9 культур не входят, но учитываются через повышающие коэффициенты для: а) овощных (морковь, маш, бобовые, редька и др.), б) кормовых культур и с) риса. Засеваются после уборки пшеницы.
I = { }	Water sources	Элементы массива “источники водных ресурсов”
tra	Transboundary	Трансграничные водные ресурсы
loc	Local	Локальные водные ресурсы
und	Underground	Источники подземных вод
dra	Drainage	Коллекторно-дренажные воды
J = { }	Sectors	Элементы массива “потребители водных ресурсов”
irr	Irrigation	Ирригация
ind	Industry	Промышленность
dom	Domestic	Коммунально-бытовой сектор
fis	Fisheries	Рыбное хозяйство и прочие потребители воды
Z = { }		Элементы массива “зоны планирования (ЗП)”
gar	Garm	Гармская ЗП, Tajikistan
vah	Vahshkaya	Вахшская ЗП, Tajikistan
pya	Pyandjskaya	Пянджская ЗП, Tajikistan

gba	Gorno-Badakhshanskaya	Горно-Бадхшанская ЗП, Tajikistan
uka	Up_Kafirigan	Верхне-Кафирниганская ЗП, Tajikistan
dka	Down_Kafirigan	Нижне-Кафирниганская ЗП, Tajikistan
ksh	Karatag-Shirkent	Каратаг-Ширкентская ЗП, Tajikistan
sur	Surhandarya	Сурхандаринская ЗП, Uzbekistan
mar	Mary	Марыйская ЗП – Марыйская область, Turkmenistan
aha	Ahal	Ахалская ЗП – Ахалская область, Turkmenistan, Примечание: объем воды, поступающий по Каракумскому каналу в Балканскую область (бассейн Каспийского моря), учитывается в Ахалской ЗП
leb	Lebap	Лебапская ЗП, Turkmenistan
kas	Kashkadarya	Кашкадарьинская ЗП, Uzbekistan
kar	Karshi	Каршинская ЗП, Uzbekistan
zar	Zarafshan	Зарафшанская ЗП, Tajikistan
sam	Samarkand	Самаркандская ЗП, Uzbekistan
nav	Navoyi	Навоийская ЗП, Uzbekistan
buh	Buhara	Бухарская ЗП, Uzbekistan
hor	Horezm	Хорезмская ЗП, Uzbekistan
skk	Karakalpak-South	ЗП Южный Каракалпакистан, Uzbekistan
nkk	Karakalpak-North	ЗП Северный Каракалпакистан, Uzbekistan
tas	Tashauz	Дошоузская ЗП, Turkmenistan
ala	Alayskaya	Алайская ЗП, Kyrgyzstan
afg	Afganskaya	Афганская ЗП, Afghanistan