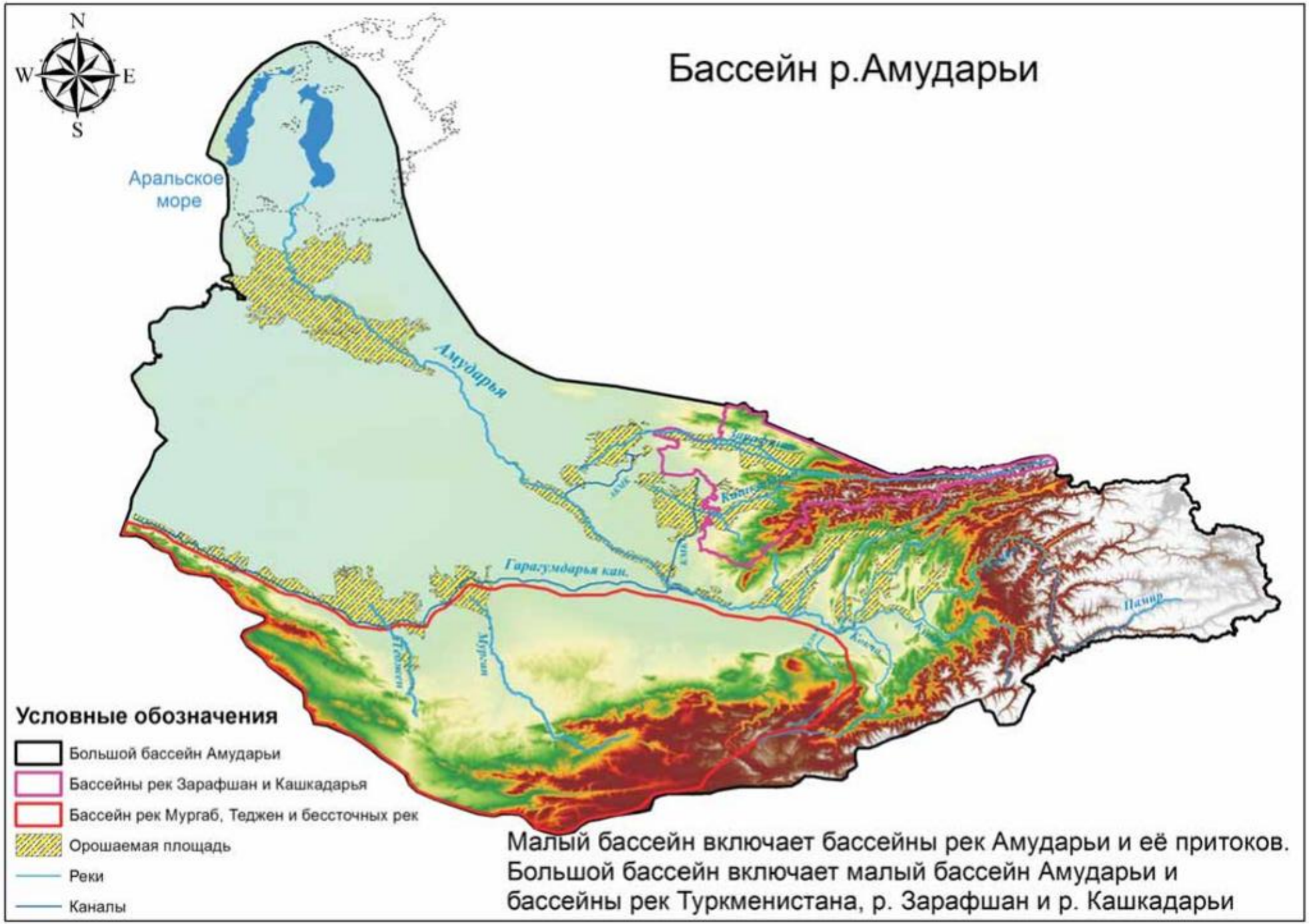


Будущее бассейна Амударьи в условиях изменения климата

Ташкент 2018


Бассейн р.Амударьи
N
W
E
S
Аральское море
Амударья
Гарагумдарья кан.
Мургаб
Теджен
Условные обозначения
Большой бассейн Амударьи
Бассейны рек Зарафшан и Кашкадарья
Бассейн рек Мургаб, Теджен и бессточных рек
Орошаемая площадь
Реки
Каналы
Малый бассейн включает бассейны рек Амударьи и её притоков.
Большой бассейн включает малый бассейн Амударьи и
бассейны рек Туркменистана, р. Зарафшан и р. Кашкадарьи

Международный Фонд спасения Арала

Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия Центральной Азии

Научно-информационный центр

Будущее бассейна Амударьи в условиях изменения климата

Под редакцией проф. В.А. Духовного

Ташкент 2018

Будущее бассейна Амударьи в условиях изменения климата [Текст] / Под общ. ред. проф. В.А. Духовного. – Ташкент: НИЦ МКВК Центральной Азии, 2018. – 328 с.

Авторский коллектив: В.А. Духовный, Д.Р. Зиганшина, А.Г. Сорокин, Д.А. Сорокин, Г.В. Стулина, Г.Ф. Солодкий, Ш.Х. Муминов, М.Я. Махрамов, Г.К. Тилявова, А.М. Назарий, Ш. Заитов, И. Рузиев

Фото на обложке: Д.Р. Зиганшина

Издание осуществлено при финансовой поддержке Агентства по международному развитию США (ЮСАИД) в рамках проекта «Адаптация управления трансграничными водными ресурсами в бассейне Амударьи к возможным изменениям климата»

Данная публикация выражает мнение авторов и никак не отражает точку зрения Агентства по международному развитию США.

© НИЦ МКВК Центральной Азии, 2018 г.

Оглавление

Введение **11**

Цели и задачи исследования 12

Методология 13

Структура книги 14

Будущее Амударьи: основные выводы 14

Литература к введению 16

Раздел 1. Существующая система межгосударственного управления водными ресурсами в бассейне Амударьи **17**

1.1. Бассейн реки Амударья 17

1.1.1. География, климат и население 17

1.1.2. Почвенно-мелиоративные условия и земельный фонд 18

1.1.3. Гидрография бассейна 19

1.1.4. Водохозяйственное районирование и зоны планирования 20

1.1.5. Водные ресурсы 24

1.1.6. Гидроэнергоресурсы 30

1.2. Правовая и институциональная основа 32

1.2.1. Правовая основа 32

1.2.2. Межгосударственные институты управления и водохозяйственная инфраструктура 33

Создание и становление региональных институтов 33

Мандат и задачи МКВК 33

Мандат и задачи БВО «Амударья» 34

Территориальные подразделения БВО «Амударья» 35

1.3. Принципы и практика вододеления 37

1.3.1. Сфера регулирования и принципы вододеления 37

1.3.2. Соблюдение принципов вододеления в годы независимости 42

Соблюдение лимитов водозаборов стран 42

Соблюдение режимов работы водохранилищ 43

Соблюдение подачи воды в Арал и Приаралье 44

1.3.3. Уроки работы МКВК в маловодные и многоводные годы 45

Практика водораспределения в многоводные годы 46

Практика водораспределения в маловодные годы 47

1.4. Технические вопросы управления: учет воды и доступ к информации 53

1.5. Процедуры и механизмы реагирования на изменяющиеся условия и потребности 57

1.5.1. Порядок корректировки лимитов водозаборов и режима работы водохранилищ 57

1.5.2. Гарантированность лимита водозабора и неурегулированность вопроса его передачи при неполном использовании 60

1.5.3. Работа комиссии по вододелению между Туркменистаном и Узбекистаном 61

1.5.4. Порядок изменения или пересмотра существующей системы вододеления 62

1.6. Основные выводы: Достижения и задачи на будущее 64

Раздел 2. Перспектива развития бассейна реки Амударья до 2050 года 70

2.1. Принципы управления бассейном реки Амударья на перспективу 70

2.2. Методология и логическая модель управления водными ресурсами в бассейне реки Амударьи 74

2.2.1. Методология 74

2.2.2. Районирование и выделение объектов для исследования 75

2.2.3. Сценарии 75

2.2.4. Выбор климатических сценариев 76

2.2.5. Моделирование стока рек 76

2.2.6. Сценарии водопотребления и размещения с/х культур 77

2.2.7. Адаптация ASBmm 78

2.2.8. Логическая модель 79

2.2.9. Управляемая и управляющая системы 80

2.2.10. Проблемы, принципы и логика управления водными ресурсами 80

2.2.11. Логическое усиление математических моделей 82

2.2.12. Ориентиры развития водного сектора 83
2.2.13. Принятие решений 84
2.3. Расчетный инструмент 85
2.3.1. Комплекс моделей 85
2.3.2. Зоны планирования и их моделирование 86
2.3.3. Сценарии зон планирования 89
2.3.4. Тестирование модели 90
2.3.5. База данных и интерфейс модели зоны планирования 91
2.3.6. Гидроэнергетическая модель 93
2.3.7. Адаптация ASBmm 99
2.3.8. Модель распределения водных ресурсов 100
2.3.9. Модель зоны планирования 100
2.3.10. Модель оптимизации состава сельхозкультур зоны планирования 102
2.3.11. База данных 104
2.3.12. Интерфейс 104
2.4. База данных 104
2.4.1. Пользовательский интерфейс 105
2.4.2. Структура данных 106
2.4.3. Наполнение БД 107
2.4.4. Программное обеспечение 108
2.5. Водный баланс реки и его составляющие 109
2.5.1. Базовый период 109
2.5.2. Восстановление рядов стока рек 111
2.5.3. Русловые потери 113
2.5.4. Анализ данных БВО «Амударья» 115
2.5.5. Возвратный сток 121
2.5.6. Переброска КДС в связи с строительством туркменского озера «Алтын Асыр» 123
2.5.7. Экологические попуски 127
2.5.8. Водные балансы 131

2.5.9. Водный баланс магистральных каналов 139

2.5.10. Водный баланс зон планирования 141

2.5.11. Перспектива 149

2.5.12. Построение рядов стока рек на перспективу 150

2.5.13. Русловой баланс маловодного года 151

2.5.14. Статистический анализ 155

2.6. Построение комплексных сценариев перспективного развития как синтез частных специфических сценариев 160

2.6.1. Схема сочетания сценариев 160

2.6.2. Методика комплексной оценки 162

2.6.3. Формирование водных ресурсов в условия влияния климата 164

2.6.4. Оценка руслового баланса 164

2.6.5. Гидроэнергетика 174

2.6.6. Афганистан 176

2.6.7. Регулирование КДВ Туркменистана 177

2.6.8. Обеспеченность Приаралья и Аральского моря 177

2.6.9. Обеспеченность зон планирования водными ресурсами 178

2.6.10. Эффективность управления и регулирование стока 182

2.6.11. Продуктивность водно-земельных ресурсов и оценка потерь продукции 183

2.6.12. Сотрудничество и поиск консенсуса 187

2.7. Климатические сценарии 191

2.7.1. Климатические сценарии и водопотребление 191

2.7.2. Существующие модели 192

2.7.3. Источник информации о климатических изменениях 193

2.7.4. Используемая в проекте модель 195

2.7.5. Зона проекта 198

2.7.6. Методика расчета водопотребления сельхозкультур 200

2.7.7. Расчет водопотребления сельхозкультур 205

2.7.8. Оценка снегозапасов 207

2.7.9. Модельные расчеты гидрографов стока 209

2.8. Сценарии социально-экономического и сельскохозяйственного развития территорий стран бассейна Амударьи 213

2.8.1. Направления социально-экономического развития стран бассейна Амударьи 213

2.8.2. Описание прогнозных сценариев развития стран бассейна Амударьи 217

2.8.3. Развитие сельского хозяйства стран бассейна Амударьи в соответствии со сценариями 219

2.8.4. Водопотребление сельскохозяйственных культур по различным сценариям 220

2.8.5. Прогноз изменения продуктивности земли и воды в странах бассейна Амударьи 222

2.8.5. Прогноз развития животноводства в странах бассейна Амударьи 228

2.8.6. Прогноз обеспеченности населения стран бассейна Амударьи основными видами продовольствия 229

2.8.7. Прогноз водопотребления несельскохозяйственного направления в странах бассейна Амударьи 232

2.8.8. Выводы 233

2.9. Сценарии регулирования стока рек 234

2.9.1. Анализ работы водохранилищных гидроузлов 234

2.9.2. ГЭС Таджикистана 235

2.9.3. Нурекский гидроузел 235

2.9.4. Рогунский гидроузел 239

2.9.5. Холостые сбросы 241

2.9.6. Тюямуюнский гидроузел 243

2.9.7. Внутрисистемные водохранилища 244

2.9.8. Оценка заиления водохранилищ 247

2.9.9. Исследование альтернативных режимов регулирования стока 249

2.9.10. Результаты численных экспериментов 251

2.9.11. Работа Нурекского гидроузла в условиях сохранения существующего климата 254

2.9.12. Работа Нурекского гидроузла в условиях климатических изменений 257

2.9.13. Рекомендации 260

2.9.14. Регулирование энергетического баланса 260

2.10. Предложения по совершенствованию правовой основы сотрудничества 269

2.10.1. Исторический экскурс: совершенствование правовой базы сотрудничества (1992-2017) 269

2.10.2. Рекомендации по дальнейшим направлениям действий 270

Рекомендация 1. Разработать и принять бассейновое соглашение по Амударье 271

Рекомендация 2. Выработать и согласовать процедурные правила и руководства 272

Рекомендация 3. Повышать адаптивность системы управления к изменению климата и другим изменяющимся условиям 272

Рекомендация 4. Повысить качество региональных и/или бассейновых соглашений, усилив их научное обоснование и привлекая все заинтересованные стороны к их разработке 273

Рекомендация 5. Соблюдать минимальные требования обычного международного права 274

Рекомендация 6. Воспользоваться преимуществами глобальных водных конвенций и других универсальных многосторонних механизмов 277

Рекомендация 7. Уделять больше внимание процессу разработки соглашений и процессам взаимодействия в ходе их реализации 278

Рекомендация 8. Повышать правосознание и уровень правовой культуры 279

Рекомендация 9. Активизировать роль и ответственность юристов 280

Рекомендация 10. Работать над обеспечением соблюдения международных обязательств 280

Рекомендация 11. Отходить от традиционных переговоров на основе позиций стран к процессу совместного поиска взаимоприемлемых решений 281

Рекомендация 12. Интересы и позиции могут меняться, но неизменной должна оставаться приверженность общим ценностям и международному праву 282

2.11. Учет возможного позитивного влияния изменения климата на процессы развития культур 284

2.11.1. Задачи исследований 284

2.11.2. Методика исследований и последовательность работ 285

2.11.3. Результаты исследований 285

2.11.4. Расчет водопотребления и анализ результатов 299

2.12. Перспектива развития водохозяйственного комплекса реки Амударьи 303

Список использованной литературы **308**

Приложение **311**

Введение

История Центральной Азии (ЦА) неразрывно связана с историей реки Амударьи. Различные государственные образования, такие как Бактрия, Согдиана, Бадахшан, Гурагандж, Кеш, Мараканда, формировались вдоль этой древнейшей реки, носившей имя Танасис у древних греков, Ариана у персов, Джейхун (сумасшедшая) у местных жителей. Во все времена благополучие государств и их народов зиждилось на использовании плодородных земель ее бассейна. После открытия Великого шелкового пути река стала известной у торговцев как ориентир на пути к сокровищам золота Бухары, шелку Китая, семенам люцерны Каракалпакстана, диковинной архитектуре Самарканда. В 18-19 веках река фигурировала, пожалуй, только в гидрологических исследованиях, как одна из самых наносонесущих рек мира наряду с Индом, Миссисипи, Хуанхэ. В 20 веке река стала печально известна из-за исчезновения Аральского моря, четвертого по величине пресного водоема в мире, которое она питала вместе с рекой Сырдарья. Современная история Амударьи связана с преодолением этого тяжелого наследия прошлого и обеспечением процветания и благополучия для народов пяти прибрежных стран – Афганистана, Кыргызской Республики, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана.

В настоящее время межгосударственное управление водными ресурсами бассейна реки Амударья осуществляется только четырьмя странами, без участия Афганистана. После распада Советского Союза Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан пришли к договоренности, что сохранят «сложившуюся структуру и принципы распределения» водных ресурсов в бассейне реки Амударья (Соглашение «О сотрудничестве в сфере совместного управления использованием и охраной водных ресурсов межгосударственных источников», Алматы, 1992 г). Таким образом, руководящими документами, определяющими структуру и принципы распределения водных ресурсов реки Амударья, остаются документы советского периода. Протоколом № 566 заседания Научно-технического совета Министерства мелиорации и водного хозяйства (Минводхоз) СССР от 10 сентября 1987 г., 3 декабря 1987 года Министром мелиорации и водного хозяйства СССР Н.Ф. Васильевым (далее – Протокол № 566) утверждено «Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударьи» (далее «Схема»).

В данных документах предусмотрено, что в сферу межгосударственного управления и распределения водных ресурсов в бассейне Амударьи входит река Амударья и её основные притоки – стволы рек Вахш, Пяндж и Кафирниган (малый бассейн Амударьи). Вододеление установлено исходя из водозабора из реки в размере 61,5 км^3 и вычета отбора в Афганистан (2.10 км^3/год) в следующих пропорциях: Кыргызстан 0,6 %; Таджикистан (15,4 %); Узбекистан (48,2 %) и Туркменистан (35,8 %).

Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия (МКВК) Центральной Азии, созданная в 1992 году в составе первых руководителей водохозяйственных ведомств Центрально азиатских стран, является органом ответственным за определение водохозяйственной политики в регионе, а также за разработку и утверждение лимитов водозаборов для стран, дельты реки и Арала. Осуществление оперативного управления и непосредственного вододеления поручено бассейновой водохозяйственной организации (БВО) «Амударья», у которой имеется четыре территориальных подразделения отделения в Курган-Тюбе (Республика Таджикистан), Туркменабаде (Туркменистан), Ургенче (Республика Узбекистан) и Тахиаташе (Республика Кара-

калпакстан). БВО располагает 170 гидропостами, посредством которых осуществляется контроль за распределением воды в соответствии с графиками, утверждаемыми на заседаниях МКВК, которые проходят 4 раза в год.

В настоящее время вододеление осуществляется, в основном, бесконфликтно при хорошей сходимости плановых и фактических показателей водоподачи странам за невегетацию и несколько худшим за вегетацию (соответственно 3,8–5,5 и 12,9–14,0 % за последние 10 лет). Проблемы в управлении возникают в маловодные годы (2000, 2001, 2008), когда низовья остаются ущемленными по отношению к среднему течению.

В будущем, однако, следует ожидать осложнения ситуации с управлением водными ресурсами в данном бассейне и поддержанием экологического равновесия в Восточном водоеме Аральского моря. Причины три: демографическое давление, изменение климата, рост потребления Афганистана.

Необходимость комплексного изучения существующей ситуации и будущих вызовов с целью принятия информированных и своевременных действий по адаптации управления водными ресурсами бассейна Амударьи к новым условиям стала отправной точкой для реализации проекта «Адаптация управления трансграничными водными ресурсами в бассейне Амударьи к изменениям климата», основные результаты которого представлены в данной публикации.

Цели и задачи исследования

Научно-исследовательский проект «Адаптация управления трансграничными водными ресурсами в бассейне Амударьи к изменениям климата» выполнялся НИЦ МКВК Центральной Азии, БВО «Амударья» и Аналитическим агентством Ynanch-Vepa (Туркменистан) в рамках программы «Налаживание партнерства для повышения участия в научных исследованиях» (PEER) при финансовой поддержке Агентства по международному развитию США (ЮСАИД).

Общей целью выполняемых работ было повышение потенциала стран бассейна Амударьи в вопросах адаптации управления трансграничными водными ресурсами к климатическим изменениям. С этой целью было проведено комплексное исследование вопросов управления водными ресурсами трансграничных рек бассейна Амударьи на перспективу в условиях климатических и иных изменений в увязке с национальными планами развития орошаемого земледелия и гидроэнергетики. В частности, в рамках проекта были выполнены следующие задачи:

- Оценены возможные отклонения в гидрологическом режиме и будущих нормах водопотребления, вызванных изменениями климата;
- Исследованы сценарии многолетнего регулирования стока крупными водохранилищными гидроузлами с ГЭС на гидрологию рек и водообеспеченность орошаемых земель и водных экосистем бассейна;
- Оценено требуемое водопотребление сельскохозяйственных культур, размещенных на орошаемых землях стран бассейна, в условиях климатических изменений и регулирование стока рек, основанные на национальных планах развития сельского хозяйства и гидроэнергетики, с учетом внедрение инноваций и водосберегающих технологий;

- Разработаны варианты увязки национальных приоритетов и требований к водным ресурсам на бассейновом уровне, в том числе на основе правового и институционального анализа, с упором на глобальных водных конвенциях – Конвенции ООН 1997 г. и Конвенции ЕЭК ООН 1992 г.;
- Подготовлены рекомендации для лиц, принимающих решения.

Методология

В основе методологического подхода исследования лежит ориентация на принципы интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР), которые дают возможность увязать межгосударственные и межсекторные интересы, обеспечить на базе технических инноваций, организационного построения, а также общественного участия равноправность, справедливое и обоснованное распределение использования воды, а также эффективность водопользования. Этот подход позволяет адаптироваться к изменениям, вызванными как климатическими отклонениями, так и другими дестабилизирующими факторами (изменение населения, изменение социально-экономической обстановки, смены культур, потребление Афганистана, изменение режима подачи воды гидростанциям).

Применено программирование гидрологических и экономических процессов, а также прогнозирование действий, направленных на адаптацию к динамическим изменениям, осуществляется на базе использования системы GAMS (Генеральной Алгебраической Модельной системы), по которой у команды исполнителей имеется значительный опыт. В частности, в GAMS написана программа ASBmm как комплекс оптимизационных и имитационных моделей реки по бассейну, включая зоны планирования, позволяющая оценивать влияние различных факторов на эффективность водохозяйственного комплекса при использовании и интеграции специфических сценариев будущего (климатических, водохозяйственных, сельскохозяйственных и экономических).

Исследование правовой базы и организационной структуры базировалось на изучении их адаптивности к происходящим изменениям. Адаптивность регулирования и институтов обеспечивает своевременное и адекватное реагирование на происходящие изменения. Адаптивный режим управления содержит правила и процедуры, которые достаточно гибкие для принятия решений в нетипичных ситуациях или при изменении исходных условий, но в тоже время достаточно четкие и конкретные для обеспечения оперативности и бесконфликтности принимаемых решений.

В целом научными преимуществами проекта являются:

- Использование модельного инструмента, который позволяет оценить влияние климата во взаимодействии с различными сценариями водохозяйственного, социально-экономического, аграрного, экологического и энергетического развития стран бассейна;
- Подходы, направленные на снижение общих затрат на воду в орошаемом земледелии, обогащенные передовым опытом США (в частности, WaterSmart и т.д.);
- Учет позитивных последствий изменения климата в бассейне. Так, изменение климата и повышение температуры сокращают продолжительность вегетацион-

ного периода сельскохозяйственных культур, что, будучи смоделировано, даст сокращение потребного количества воды;

- Впервые проведенная оценка адаптивности правовой и институциональной основы управления трансграничными водными ресурсами в бассейне Амударьи к постоянно меняющим условиям.

Структура книги

Результаты проведенных комплексных исследований представлены в настоящей публикации. В первом разделе приводится общая информация о бассейне Амударьи (география, население, климат, водные ресурсы, ключевые виды использования вод), а также анализируется современное состояние межгосударственного управления водными ресурсами бассейна Амударьи, включая правовые, организационные и технические вопросы. В заключительной главе раздела обобщены ключевые достижения и задачи на будущее в целях достижения более адаптивного и эффективного управления водными ресурсами в бассейне.

Во втором разделе приведены прогнозы и рекомендации на перспективу развития бассейна Амударьи до 2050 года.

Общие выводы и рекомендации представлены в заключительном разделе книги. Ниже приводятся основные выводы исследования касательно будущего Амударьи.

Будущее Амударьи: основные выводы

Грядущее Амударьи зависит от изменения ресурсов воды, доступных для всех стран, а также от роста их потребности. Интересы стран бассейна разнятся, а существующие соглашения не регулируют надлежащим образом все имеющиеся проблемные вопросы. Между Кыргызстаном, Таджикистаном, Туркменистаном и Узбекистаном существует ряд соглашений, которые определяют практически лишь порядок существующих ежегодных правил использования водных ресурсов этих стран между собой, очень слабо затрагивающих будущие возможные изменения. Это ежегодное и оперативное управление поддерживается работой межгосударственного БВО «Амударья», которое будет подробно проанализировано в данной работе. Кроме того, существует соглашение между Туркменистаном и Узбекистаном, определяющим правило распределения воды поровну в створе Келифа. Это соглашение поддерживается регулярными встречами туркменско-узбекской специальной комиссии, которая пытается учесть текущую нестабильность режима реки, быстрой реакцией оперативной деятельности. Наконец, имеется ряд соглашений советского периода, которые не содержат каких-либо жестких правил по вододелению и использованию воды, но характеризуют некоторые процедурные обязательства, сохраняющие свою действенность для всех постсоветских стран.

Будущее, которому, в основном, посвящена данная работа, также потребует совершенствования юридической базы. Как известно, одной из слабых мест «Схем», устанавливающий нынешний порядок вододеления по Амударье, является доля Афгани-

стана, определенная по наличию орошаемых земель в 2.10 км^3/год. Ныне это положение усиленно оспаривается в работах афганских ученых и политиков, поддерживаемых западными аналитиками как «требования, отставшие по времени». При этом, эти требования выдвигаются учеными, никогда практически не занимавшихся непосредственно гидрологией рек Афганистана, но пользующихся различными по достоверности материалами чужих исследований (McKinney, 2004, King and Sturtewagen B. 2010, Rahaman 2014, Yildiz 2015, Habib 2014), в основном советскими и афганскими, но называющие цифры питания Амударьи со стороны Афганистана и его потребности в большом разбросе.

Будущее Амударьи зависит и от возможного использования гидроэнергетического потенциала этой реки и ее двух основных притоков – Вахша и Пянджа. Намечаемые, а также уже строящиеся гидроузлы, такие как Рогун, например, могут уже на этапе наполнения оказать воздействие на сток, соизмеримый с влиянием изменения климата и ростом населения. Режимы их последующей работы могут внести еще большую неопределенность, при отсутствии четких механизмов согласования и координации.

В советское время во всех соглашениях между республиками, как например, межреспубликанском акте ввода в эксплуатацию Нурекского или Токтогульского гидроузлов указывалось, что основной целью построенных гидротехнических комплексов является комплексное регулирование стока рек в интересах, в первую очередь, ирригации и попутным производством электроэнергии. В эпоху независимости ситуация изменилась для всех гидроузлов, находящихся в эксплуатации в руках энергетиков. Так, Нурекский гидроузел, в советское время снижающий летние попуски в пользу зимних всего в размере до 2 км^3 в год, в постсоветский период устойчиво отбирает от летнего попуска не менее 4,2 км^3. Эта цифра записана ныне в проектном режиме Вахшского каскада, разработанном в документах оценки воздействия в связи со строительством Рогунского гидроузла, выполненных при поддержке Всемирного Банка (аналогичная ситуация сложилась и на р. Сырдарья, см. де Шутер Ю. и Духовный В.А., 2011 г.).

Таким образом, в данной работе нам приходится искать решения в рамках целого ряда будущих вызовов:

- роста населения и изменения потребности в воде в связи с этим и социально-экономическим развитием;
- изменения климата с соответствующим изменением стока и потребностей в воде;
- развитием орошения в Афганистане и ростом его потребностей,
- возможными изменениями, связанными с развитием гидроэнергетического строительства.

Решение для всех этих вызовов однозначны: водосбережение, борьба с потерями воды, усиление сотрудничества и совместного управления и четко определенные соглашениями между всеми сопредельными странами условия вододеления и режимов рек в различных гидрологических условиях. Этим задачам должна быть посвящена данная работа.

Литература к введению

1. Ahmad M. and Wasiq M., 2004, Water resources development in Northern Afghanistan and its implications for Amudarya, World Bank Publications № 36
2. Habib H., 2014, Water related problems in Afghanistan, International Journal of Education Statistics (3), 137-144
3. Horsman S., 2008, Afghanistan and transboundary water management of the Amudarya – a political history. In M.M. Rahman and O. Varis, Central Asia waters: Social, economic, environmental and governance puzzle, ESPOO, Helsinki University of Technology, 63-74
4. King and Sturtewagen B., 2010, Making the most of Afghanistan river basins: opportunities for regional cooperation. East-West Institute, New York
5. McKinney D., 2004, Cooperative management of transboundary waters in Central Asia. In D. Burghart and T. Sabonis-Helf (eds.), The Tracks of Tamerlane - Central Asia's path into the 21st Century, National Defense University Press, Washington DC, 187-220
6. de Schutter J. and Dukhovniy V., 2011, Water in Central Asia – past, present and future, Balnema press, London
7. Wegerich K and Olsson O, 2010, Late developers and the inequity of «equitable utilization» and the harm of «do not harm», Water International 35 (6) 707-717
8. Yildiz D, 2015, Afghanistan' transboundary rivers and regional security, World Scientific News, 16, 40-52

Раздел 1.

Существующая система межгосударственного управления водными ресурсами в бассейне Амударьи

1.1. Бассейн реки Амударья

1.1.1. География, климат и население

Амударья - наиболее водоносная река Центральной Азии. Длина собственно Амударьи от её образования слиянием двух основных притоков – Пянджа и Вахша 1415 км, от истока Пянджа 2540 км. Бассейн реки Амударьи расположен на территории Кыргызстана, Таджикистана, Узбекистана, Туркменистана и северного Афганистана. Различают Большой бассейн Амударьи, который включает реки, впадавшие в Амударью, но в настоящее время утратившие с ней гидрологическую связь: бассейны Зеравшана, Кашкадарьи, Мургаба, Теджена (Герируд), Атрека, а также рек северного Афганистана – Балх, Хульм, Сарыпуль и Кайсар. Малый бассейн Амударьи, который является предметом нашего анализа и одновременно объектом управления МКВК, включает водосборную площадь и зону влияния ствола реки и её основных притоков Пяндж, Вахш, Кундуз, Кафирниган, Шерабад, Сурхандарью.

Река Амударья располагается на просторах Арало-Каспийской низменности, стекая с гор Памиро-Алая и пересекая крупнейшие пустыни мира - Кызыл-кум и Каракум.

Бассейн Амударьи, наибольший по величине водосбора речной бассейн Центральной Азии, занимает площадь 1 326 000 км^2, из которых 1 017 835 км^2 приходятся на территорию стран СНГ, которые по гидрографическим признакам относятся к большому бассейну Амударьи.[1] Границы водосбора бассейна выявляются четко в пределах горной области: на юге они проходят по хребту Гиндукуш, на востоке — по Сарыкольскому хребту, а на севере — по хребтам Алайскому, Туркестанскому и Нуратау. Большая площадь, занятая ледниками и снежниками, определяет характер питания крупнейших рек бассейна, большинство которых относится к рекам ледниково-снегового питания (Амударья, Пяндж, Вахш, Зеравшан и некоторые другие). Только реки, формирующие сток в западной части бассейна, где хребты отличаются меньшими высотами, относятся к рекам снегово-ледникового и частично снегового питания (Кафирниган, Кызылсу, Сурхандарья, Кашкадарья).

Горная часть представлена высочайшими хребтами - Заалайским, им. Петра Первого, им. Академии наук, Рушанским и Вахшским, - большую площадь которых (10 000 км^2) занимают зоны оледенения, в том числе крупнейший ледник Федченко,

[1] Здесь и далее, где не указано иное, данные из «Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударьи» (Сводная записка. Средазгипроводхлопок, 1984) далее «Сводная записка (1984)».

питающий р. Вахш. Плоскогорья, лежащие на высоте 800-4000 м над уровнем моря, прорезаются глубокими речными долинами.

Расположенная в центре огромного Евразийского материка, удаленная от морей и океанов территория бассейна, характеризуется континентальным климатом с обилием теплых и солнечных дней. Большую часть ее занимают огромные равнинные пространства песчаных пустынь Каракумов и Кызылкумов, а также полупустынь, отличающихся большой сухостью. Годовое количество осадков составляет 220 мм, местами не превышает 100 мм (дельта р. Зеравшана, низовья р. Амударьи). Среднегодовая температура колеблется от + 14 до + 17^{o}, зимняя – от + 1 до + 2^{o}, летняя – от + 30 до + 32^{o}, кроме низовьев р. Амударьи, где среднегодовая температура от + 11 до + 14^{o}, а зимняя – от - 4 до - 6^{o}. Сумма положительных температур за год достигает 5000–5500, а на крайнем юге и в пустыне – 6000^{o}. Межгорные долины характеризуются большим количеством осадков – 450–700 мм и тёплым климатом. Среднегодовая температура + 16 + 18 ^{o}C, а летняя +32 ^{o}C.

Хотя долина Амударьи заселена с незапамятных времён, сложность природных условий – пустынность, континентальный климат, не позволяли развиться высокой плотности населения, и к 1960 году в бассейне проживало менее 8 миллионов человек. По данным информационного портала CAWater-Info, на 1 января 2017 года в бассейне проживает 25 095 тысяч человек с учётом Афганистана. Среднегодовые темпы прироста населения составляют по странам СНГ 1.2–1.5 %, в Афганистане в два раза выше.

1.1.2. Почвенно-мелиоративные условия и земельный фонд

Бассейн Амударьи характеризуется сложным и разнообразным рельефом территории. Наличие значительных горных поднятий на востоке и юге и огромных равнинных пространств обусловили четкую зональность в распределении почвенного покрова. Для области равнин, охватывающей пустынную и полупустынную зоны, характерными являются серо-бурые, такырные, пустынно-песчаные и сероземные почвы. В предгорной и горной зонах, в основном, распространены каштановые, коричневые, лугостепные, луговые и пустынно-степные почвы. В силу специфических природно-климатических условий многие почвы пустынной и полупустынной зоны в различной степени засолены.

Площадь всех земель, пригодных к орошению, в соответствии со Сводной запиской (1984 г.), на территории республик Центральной Азии определяется в размере около 29 млн.га, остальные 73 млн.га, представляющие собой горы, пески, выходы коренных пород и другие, отнесены к территории неперспективного орошения.

Кроме того, на левобережье Пяндж и Амударья, начиная от долины реки Кокча на востоке и кончая долиной реки Ширинтагао, на западе располагаются северные районы Афганистана, подкомандные рекам Пяндж и Амударья. Площадь земель орошаемых на этом массиве до 1979 г. по данным Средазгипроводхлопка, обследовавшего этот массив ранее, составляла 466 тысяч гектар при общей площади пригодных для орошения земель свыше 1,5 млн. (Средазгипроводхлопок, Служебная записка А. Пятигорского, 1978 г.).

Таблица 1

Общий земельный фонд, тыс.га
(данные Сводной записки 1984 г.)

Государство	Валовый	Непригодный для орошения	Пригодный для орошения
Республика Узбекистан	38 949	26 129	12 820
Республика Таджикистан	12 913	11 328	1585
Кыргызская Республика	800	670	130
Туркменистан	49 121	35 351	13 770
Итого	**101 783**	**73 478**	**28 305**

1.1.3. Гидрография бассейна[2]

Амударья берёт начало в Таджикистане, формируя там 74 % стока, в Кыргызстане – 2 %, Афганистане и Иране – 13.9 %, затем течёт по границе Афганистана и Узбекистана, откуда приходит 8.5 %, пересекает территорию Туркменистана – 1.7 % и возвращается в Узбекистан, где впадает в Аральское море.

Истоком Амударьи считается река Вахджир, берущая начало из ледника Вревского на северном склоне Гиндукуша на высоте около 4900 м над уровнем моря. Ниже по течению река называется Вахандарьей, а после соединения с рекой Памир — Пянджем. Название Амударья река получает после слияния Пянджа с Вахшем. Ее притоками на протяжении первых 180 км являются Кундуз, Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад, далее на протяжении более 1200 км до впадения в Аральское море Амударья притоков не имеет. На этом участке около 40 % ее стока расходуется на орошение, испарение и инфильтрацию. На участке от слияния Пянджа с Вахшем до г. Керки характерной особенностью долины Амударьи является наличие ряда озеровидных расширений. Разбиваясь на несколько протоков, русло реки образует здесь многочисленные острова. Пойма реки покрыта тугаями, густыми зарослями тростника и изобилует множеством озер и болот. От г. Керки до теснины Эльджик ширина долины Амударьи колеблется от 4 до 25 км. Ее пологие склоны незаметно сливаются с окружающей местностью. Между теснинами Эльджик и Тюямуюн характер долины меняется. Река протекает здесь в коренных породах, представленных главным образом толщей песков и рыхлых песчаников третичного возраста. Склоны долины крутые, обрывистые, высотой в 10-20 м. На этом участке к долине реки непосредственно подходят пески Кызылкумов и Каракумов. Ниже теснины Тюямуюн долина Амударьи расширяется до нескольких десятков километров, суживаясь только у теснин Джумыр-Тау и Тахиа-Таш. На этом участке долины сосредоточено наибольшее количество культурных земель, орошаемых крупнейшими оросительными системами. Сложная система дамб протягивается здесь вдоль низких берегов реки, защищая сельскохозяйственные угодья, от затопления во время полово-

[2] Раздел подготовлен по данным «Базы знаний по использованию земельных и водных ресурсов бассейна Аральского моря». Онлайн: http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/docs/rivers.html

дья и зимних зажоров льда. В районе г.Нукуса от Амударьи отходит слева сухой рукав Дарьялык (Кунядарья). В прошлом часть амударьинских вод стекала по нему в Сарыкамышскую впадину. Ниже г. Нукуса, около г. Тахиа-Таш, начинается дельта Амударьи, представляющая собой слабо покатую равнину, пересеченную множеством протоков.

Рыхлые породы пустынных берегов под влиянием постоянного изменения русла создают необычную мутность амударьинской воды – в одном кубическом метре она содержит в среднем 3,6 кг наносов, т.е. больше чем знаменитый в этом отношении Нил. Особенно неистовой, разрушительной становится Амударья в паводки.

В низовьях река замерзает ежегодно. В районе г. Нукуса продолжительность ледостава достигает почти четырёх месяцев. Транспортное значение Амударьи невелико вследствие замкнутости бассейна Аральского моря и крайне неблагоприятного для судоходства режима реки. В стремительных водах Амударьи водится рыба: большой и малый лопатоносы, сазаны, судак, усач, сомы. В прибрежных зарослях рек гнездятся фазаны, кваквы, серые и рыжие цапли и множество насекомоядных птиц. В тугаях можно встретить кабанов, лисиц, шакалов, волков, камышового кота. Высокая влажность воздуха и почв смягчающее действие Амударьи и многочисленных проток, питающих в паводок пойму, способствуют буйному росту древесно-кустарниковой растительности.

1.1.4. Водохозяйственное районирование и зоны планирования

Водохозяйственное районирование бассейна р. Амударьи было выполнено в соответствии с разработанным общим положениям Союзводпроекта к Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР до 2000 г. Основываясь на совокупности природно-климатических, гидрологических, гидрогеологических, водохозяйственных, производственных и прочих факторов, учитывающих специфические особенности конкретно рассматриваемого района, вся территория бассейна р. Амударьи поделена на десять водохозяйственных районов, два из которых выделены на зарубежных территориях северного Афганистана и северо-восточного Ирана:

1. Верховья бассейна р. Амударьи;
2. Кашкадарьинский водохозяйственный район;
3. Каршинский водохозяйственный район;
4. Бухарский водохозяйственный район;
5. Туркменский прибранный водохозяйственный район;
6. Зерафшанский водохозяйственный район;
7. Низовья р. Амударьи;
8. Каракумский водохозяйственный район.

Таблица 2

Зоны планирование малого бассейна реки Амударьи

Течение Амударьи	**Государство**	**Область**	**Наименование ЗП**	**Трансграничный источник водных ресурсов**	**Местный источник водных ресурсов**
Верхнее течение	Кыргызстан	Ош	Алай	р.Кызылсу (приток Вахша)	
	Таджикистан	Хатлон	Вахш	р.Вахш	
			Пяндж	р.Пяндж	
			Нижне-Кафирниган	р.Кафирниган	
		РРП[3]	Верхне-Кафирниган	р.Кафирниган	
	Афганистан		Афганистан	Кокча, Кундуз	
	Узбекистан	Сурхандарья	Сурхандарья	Амударья	р.Сурхандарья
Среднее течение		Кашкадарья	Карши	Амударья	р.Кашкадарья
		Бухара	Бухара	Амударья	р.Зеравшан
		Навои	Навои	Амударья	р.Зеравшан

[3] Районы республиканского подчинения

Течение Амударьи	Государство	Область	Наименование ЗП	Трансграничный источник водных ресурсов	Местный источник водных ресурсов
	Туркменистан	Лебап	Лебап	Амударья	
		Мари	Мари	Амударья	Мургаб
		Ахал	Ахал	Амударья	р.Теджен
Нижнее течение		Дашауз	Дашауз	Амударья	
	Узбекистан	Хорезм	Хорезм	Амударья	
		Республика Каракалпакстан	Южный Каракалпакстан	Амударья	
			Северный Каракалпак-стан	Амударья	

Для условий данной работы с учётом будущего моделирования водохозяйственного и сельскохозяйственного развития, оценки водопотребления и эффективности водопользования использовано деление водохозяйственного комплекса на зоны планирования.

Под **зоной планирования (ЗП)** подразумевается географическая единица, используемая для планирования использования водных ресурсов, отличающаяся единством водного питания и идентичностью геоморфологического строения ландшафта, а также связью ирригационных и дренажных систем. ЗП располагаются в пределах административных единиц области или района в интересах возможности учёта всех статистических показателей с учётом их границ. Вся территория ЗП имеет однообразное гидрогеологическое строение, одинаковые гидрологические условия формирования и питания.

В верхнем течении р. Амударьи расположены:

1) Алайская ЗП, входящая в Ошскую область Кыргызстана (KG),

2) Вахшская, Пянджская, Нижне-Кафирниганская ЗП, входящие в Хатлонскую область Таджикистана (TJ),

3) Верхне-Кафирниганская, Каратаг-Ширкентская, Гармская ЗП, входящие в районы республиканского подчинения – РРП (TJ),

4) Горно-Бадахшанская ЗП (TJ), 5) Сурхандарьинская ЗП (область) Республики Узбекистан (UZ).

В среднем течении расположены:

1) Каршинская, Бухарская, Навоийская ЗП (UZ),

2) Лебапская, Марыйская, Ахалская ЗП – Туркменистан (TM). Балканская ЗП (TM) не входит в бассейн реки Амударьи (относится к бассейну Каспийского моря), но ее требования к стоку Гарагумдарьи (Каракумского канала) учитываются при составлении водного баланса.

Каршинская ЗП (UZ) является частью Кашкадарьинской области Республики Узбекистан, зоной нового орошении, питающейся, главным образом, из реки Амударьи по Каршинскому магистральному каналу (КМК). Каршинскую ЗП составляют Мубарекский, Миришкорский, Касансайский, Касбийский, Каршинский, Бахаристанский и Нишанский районы Кашкадарьинской области.

Бухарская ЗП (UZ) питается в основном из реки Амударьи по Амубухарскому магистральному каналу (АБМК) и частично из реки Зеравшан. Главный источник воды для Навоийской ЗП – река Зеравшан и только незначительная часть воды из системы АБМК поступает в Навоийскую ЗП.

В нижнем течении расположены:

1) Дашогузская ЗП (TM),

2) Хорезмская ЗП (UZ),

3) Зоны планирования Каракалпакстана – Северная и Южная (UZ). Элликанский, Берунийский, Амударьинский и Турткульские районы Каракалпакстана образуют ЗП Южный Каракалпакстан, остальные районы – Северный Каракалпакстан (UZ).

1.1.5. Водные ресурсы

Водные ресурсы большого бассейна Амударьи

Согласно «Сводной записке» (1984), учтенный поверхностный сток всех водотоков р. Амударьи с горной области составляет 77,7 км^3/год. Он определен по данным гидрометрических станций, расположенных близ выхода рек из гор и не искаженным хозяйственной деятельностью за 49-летний период фактических наблюдений (с 1932/1933 – 1980/1981 г.г.), за исключением р. Кундуз, по которой отсутствовали данные русловых балансов (формируется и используется на территории Афганистана). Распределение учтенного поверхностного стока по речным водосборам продемонстрировано в таблице 3.

Таблица 3

Среднемноголетние водные ресурсы бассейна реки Амударьи, км^3/год
(данные Сводной записки 1984 г.)

Река-створ	Поверхностный приток		Подземный приток	Итого
	учтенный	неучтенный		
1. Пяндж - ст.Нижний Пяндж	33,4	-	-	33,4
2. Вахш - ст.Туткаул	20,1	0,05	0,07	20,22
3. Кундуз - ст.Аскархана	3,47	0,01	-	3,48
4. Кафарниган - учтенный поверхностный приток	5,49	0,12	0,05	5,66
5. Сурхандарья - учтенный поверхностный приток	3,63	0,06	0,22	3,91
6. Шерабад - ст.Шерабад	0,23	-	-	0,23
7. Кашкадарья- учтенный поверхностный приток	1,34	-	0,07	1,41
8. Зерафшан - мост Дупули +Магиандарья - ст.Суджи	5,27	-	0,03	5,30
9. Реки северного Афганистана	2,01	-	-	2,01
10. Реки Туркмении	2,79	-	-	2,79
Итого по бассейну	**77,7**	**0,24**	**0,44**	**78,4**

В нижерасположенной области потребления речного стока, в зоне современного и перспективного орошения, дополнительными водными ресурсами являются неучтенный поверхностный приток, формирующийся многочисленными, но при этом незначительными сбросами саевого типа, а также подземный приток.

Среднемноголетняя величина суммарных водных ресурсов бассейна р. Амударьи определена в размере 78,4 км^3/год. В ранее выполненных работах - Генсхеме р. Амударьи (1971 г.) и Схеме комплексного использования водных ресурсов бассейна Аральского моря (1973 г.) водные ресурсы составляли соответственно 79,4 и 79,5 км^3/год. Сокращение объема учтенного поверхностного стока в Сводной записке (1984 г.), в основном, объясняется изменением стоковых характеристик (нормы, C_v) по реке Пяндж, величина которого составляет 43 % от общих учтенных водных ресурсов р. Амударьи.

Ниже приводится детальная оценка водных ресурсов малого бассейна Амударьи и их оценка в разрезе стран.

Водные ресурсы малого бассейна Амударьи

Река Амударья имеет смешанное снежно-ледниковое питание с естественным гидрографом стока, близко совпадающим с потребностью орошения, когда максимум расходов приходился на апрель-сентябрь (до 80 %). Река Амударья от створа Атамырат до дельты, в основном, теряет сток (в том числе на испарение и фильтрацию), хотя на некоторых участка (Ильчик-Дарганата) имеется русловая приточность, т.е. существует взаимодействие русла реки с грунтовыми водами, в объемах, зависящих от водности года и гидрологии участка.

Первые комплексные оценки водных ресурсов малого бассейна Амударьи (МБА), т.е реки Амударья как суммы ее притоков – Вахша, Пянджа, Кафирнигана, Сурхандарьи и Кундуза, не испорченных антропогенным влиянием (в естественном состоянии) выполнялась Среднеазиатским отделением Гидропроекта в 1971 году при разработке Генеральной схемы комплексного использования водных ресурсов Амударьи (САОгидропроект, 1971) и Средазгипроводхлопком при разработке Схемы комплексного использования водных ресурсов бассейна Аральского моря (Средазгипроводхлопок, 1973). Результаты проектных разработок практически совпали. Среднемноголетний сток реки Амударьи (как сумма притоков в естественном состоянии) оказался равным: в первой работе 67,94 км^3/год, во второй – 68,2 км^3/год.

Повторные расчеты по оценке водных ресурсов были проведены Средазгидропроектом в 1983 году и Средазгипроводхлопком в 1984 году при уточнении схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударьи (Средазгипроводхлопок, 1984). Согласно расчетам Средазгидропроекта (САОгидропроект, 1983) водные ресурсы МБА оказались равными 68,6 км^3/год, а по расчетам Средазгипроводхлопка - 66,32 км^3/год (Средазгипроводхлопок, 1984), т.е на 2,28 км^3/год меньше. Расхождение объясняется тем, что расчеты выполнялись разными способами: в первом случае водные ресурсы определялись по опорным створам основной реки в сумме с водопотреблением, а во втором – по сумме стоков, измеряемых гидрометрическими станциями, расположенными близ выхода из гор. Представляется, что по достоверности, первый способ предпочтительнее, поскольку при втором способе не учитывается приточность реку с территорий, расположенных ниже гидрометрических станций.

Данные официальные оценки характеризуют естественный сток за периоды до середины 1980-х годов. Исследования САНИИРИ (Сорокин А.Г., 1994) и НИЦ МКВК позволяют продолжить оценку стока реки на период до 2000 года. По данным САНИИРИ (Сорокин А.Г., 1994) средний многолетний сток реки Амударья для периода до 1911-1993 гг оценивается в 69,7 км^3/год, а по данным НИЦ МКВК (выборка их БД для периода до 1932-2000 годов) - 69,23 км^3/год. Дальнейшие исследования, выполненные в

рамках проекта PEER, позволяют продлить период оценки до 2016 года. В частности, в рамках проекта выполнено восстановление рядов стока рек. Необходимость в этом продиктована отсутствием данных по рекам Пяндж, Кафирниган, Кундуз за отдельные периоды, начиная с 2000 года. Ретроспектива по водным ресурсам всех основных рек бассейна Амударья за 1932–1999 собрана в БД.[4]

Сравнение данных годового стока рек бассейна Амударьи по периодам и источникам данных представлено в таблице 4.

Сравнение данных таблицы 4 показывает, что средний многолетний сток реки Амударьи (сумма рек Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья & Шерабад и Кундуз) за 1999/2000 – 2014/2015 гг. оказался ниже среднего многолетнего стока за период 1932/1933 – 1998/1999 гг. на 1.39 км^3 или 2 % от стока за период 1932/1933 – 1998/1999 гг.; основной вклад в снижение стока Амударьи оказал Пяндж, сток которого понизился на 2.52 км^3 (7 %); при этом, сток реки Вахш вырос на 1.13 км^3 (5.7 %). Наибольший «провал» водности наблюдался по Пянджу в 2008 году - до 20 км^3/год – наименьший объем из зафиксированных, что привело к снижению стока Амударьи.

Анализ стока реки Амударья показывает очень хорошее соответствие естественного (не зарегулированного водохранилищами) стока основных притоков Амударьи - рек Пяндж и Вахш к требованиям орошаемого земледелия. Отличительной особенностью бассейна Амударьи является то, что орошаемые и пригодные для орошения земли некоторых зон планирования находятся на значительном удалении от источников (головных водозаборов). Это обстоятельство отразилось на специфике формирования водохозяйственных систем в бассейне и создании на них систем наливных водохранилищ сезонного цикла, а также на формировании и распределении КДС, сбрасываемого в Амударью и озера по магистральным коллекторам.

За последние 15-20 лет наблюдаются заметные изменения стока и гидрологического режима реки. Заметно уменьшился сток Пянджа (хотя систематические наблюдения на нем, если и ведутся, то не публикуются). Частота заданных лет вероятностью 75 % и более по Амударье увеличилась в 1,3 раза. В то же время влажные годы с обеспеченностью 25 % и менее, а также соответственно с обеспеченностью 10 % и менее участились соответственно в 1,2 и 2,5 раза. Одновременно наблюдается увеличение «глубины» экстремумов таких лет.

[4] Методика восстановления рядов стока рек бассейна Амударьи приводится в разделе 2.5.

Таблица 4

Сравнение данных о годовом стоке рек бассейна Амударьи по периодам и источникам

Параметр	Период	Источник данных	Ед. изм.	Пяндж	Вахш	Кафир-ниган	Сурхан-Дарья	Кундуз	Амударья (сумма рек)
Средний много-летний годовой сток рек	1932/1933 - 1998/1999	БД НИЦ МКВК	км^3/год	35,91	19,99	5,51	3,38	4,44	69,23
	1999/2000 - 2014/2015	PEER	км^3/год	33,39	21,12	5,61	3,38	4,34	67,84
	1932/1933 - 2014/2016	НИЦ МКВК / PEER	км^3/год	35,43	20,21	5,53	3,38	4,42	68,97
	по данным до 1970 года	САО Гидропро-ект, 1972	км^3/год	34,9	20	5,56	3,82	3,66	67,94
Изменение го-дового стока по периодам	1999-2016 от 1932-1999		км^3/год	-2,52	1,13	0,1	0	-0,1	-1,39
			%	-7,0	5,7	1,8	0,0	-2,3	-2,0
	1999-2016 от 1932-2016		км^3/год	-2,04	0,91	0,08	0	-0,08	-1,13
			%	-5,8	4,5	1,4	0,0	-1,8	-1,6

Оценка водных ресурсов в разрезе стран

Оценка водных ресурсов Таджикистана

С гидрографической точки зрения в малом бассейне Амударьи, ограниченном Таджикистаном, имеются бассейны рек Пяндж, Вахш, Кафирниган и бассейны рек Каратаг–Ширкента, Кызылсу-Яхсу. Возобновляемый поверхностный сток Таджикистана в бассейнах этих рек имеет различные оценки по времени и источникам. Например, в Диагностическом докладе «Рациональное и эффективное использование водных ресурсов в Центральной Азии», подготовленном специальной экономической программой СПЕКА (ООН, 2000) суммарный средний многолетний сток рек Таджикистана в бассейне Амударьи оценивается в 55.26 км^3/год. Сопоставимой с оценкой СПЕКА является оценка НИЦ МКВК, основанная на анализе ретро-рядов стока рек бассейна Аральского моря за 1911-1999 гг, хранящихся в Базе данных НИЦ МКВК. В среднем за 1911-1999 гг суммарный сток рек Пяндж, Вахш, Кафирниган и Сурхандарьи оценивается в 63.3 км^3/год, из них на Таджикистан приходится 55,49 км^3/год.

В докладе СПЕКА (ООН, 2000) сток рек Таджикистана оценивается как среднемноголетняя величина за периоды трех циклов водности 1943-1992 гг. При этом сток реки Пяндж оценивается в 34,289 км^3/год, из них на Таджикистан приходится 31,089 км^3/год. Сток реки Вахш оценивается в 20.004 км^3/год, из них на Таджикистан приходится 18,4 км^3/год и Кыргызскую Республику – 1,604 км^3/год. Сток реки Кафирниган оценивается в 5,452 км^3/год; сток реки Сурхандарья оценивается в 3,324 км^3/год, из них на Таджикистан приходится 0,32 км^3/год и Узбекистан – 3,004 км^3/год. Оценка СПЕКА (ООН, 2000) для Большого бассейна Амударьи (включающего Зеравшан) дает объем стока в 79,28 км^3/год, что сопоставимо с оценкой, выполненной в «Уточненной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов Амударьи» в 1984 году (79,4 км^3/год).

В «Стратегии водного сектора Республики Таджикистан» (2008) среднемноголетний сток рек Таджикистана в бассейне реки Амударья оцениваются в 62,9 км^3/год, т.е на 7,64 км^3/год больше, чем по оценке СПЕКА. Одна из возможных причин расхождения данных заключается в том, что при оценке СПЕКА учитываются не все водные ресурсы. Если сток рек бассейна Кафирниган учтен в оценке СПЕКА по сумме стоков водотоков зоны формирования по данным гидрометрических станций, расположенных близ выхода из гор, то учет стока бассейна реки Пяндж берется только по посту Нижний Пяндж (устье реки), а сток реки Вахш – по створу Нурекской ГЭС. Для расчета естественного стока Пянджа необходимо к объему стока опорного створа (в нашем случае створа «Нижний Пяндж») добавить безвозвратное водопотребление (водозабор минус сброс) выше этого створа, осуществляемое на орошаемых полях бассейна реки Кызылсу-Яхсу, рек ГБАО. Аналогично, в бассейне реки Вахш не учтено водопотребление Гармской оросительной системы, расположенной выше Нурекской ГЭС, а также водопотребление бассейна реки Кызылсу (Кыргызстан); не учтен также боковой приток к Вахшу ниже Нурекского водохранилища. Все эти особенности формирования стока рек бассейна Амударьи учтены при моделировании речной сети, расчете водного баланса трансграничных рек и местных источников (реки Кызылсу-Яхсу, ГБАО, Гармская группа районов, бассейн реки Кызылсу и др.).

Оценка водных ресурсов Кыргызской Республики

В бассейне Амударьи Кыргызская Республика занимает часть бассейна реки Пяндж – ее притока Кызыл-Су. Речной сток оценивается в 1.604 км^3/год (ООН, 2001).

Оценка водных ресурсов Афганистана

В схеме управления водными ресурсами бассейна Амударьи отдельно выделена река Кундуз – левый приток реки Амударья. Река Кокча учтена, как одна из составляющих реки Пяндж. Афганские реки Мургаб и Герируд (Теджен) учтены в водном балансе зон планирования Туркменистана на его территории.

Кокча и Кундуз относятся к рекам северо-восточной части Афганистана. По данным наблюдений до 1985 года (Гарбовский Э.А., 1989) норма стока реки Кокча в приустьевом створе Ходжагар оценивается в 199 м^3/с или 6,28 км^3/год, а норма стока реки Кундуз в приустьевом створе Кулух-Тепа – в 111 м^3/с или 3,5 км^3/год. Средневзвешенные отметки речных бассейнов в привязке к данным створам: для реки Кокча – 2730 м, для реки Кундуз – 2400 м. В.А.Шульц (1968) сток реки Кундуз оценивает в 3,62 км^3/год, реки Кокча – в 5,4 км^3/год.

Водозабор на орошение в бассейне реки Кундуз на уровне 1985 года оценивается (Гарбовский Э.А., 1989) в 54 м^3/с или 1.7 км^3/год, а в бассейне реки Кокча – 12 м^3/с или 0,38 км^3/год. Общий водозабор из двух рек составляет: 1,7 + 0,38 = 2,08 км^3/год. Зная объем водозабора и сток рек в устьях, можно рассчитать естественные их сток: для реки Кундуз он составляет 111 + 54 = 165 м^3/с или 5.2 км^3/год, а для реки Кокча – 199 + 12 = 211 м^3/с или 6,65 км^3/год.

Бассейн реки Мургаб до границы с Туркменистаном имеет средневзвешенную высоту 1760 м, а бассейн реки Герируд – 1870 м, - это ниже, чем, по бассейнам рек Кокча и Кундуз. Сток реки Мургаб измеряется в нескольких створах; ближайший к границе Туркменистана – пост Баламургаб. Сток реки Мургаб в этом створе оценивается (Гарбовский Э.А., 1989) в 53,7 м^3/с или 1,69 км^3/год. С учетом поправки на орошение (5,4 м^3/с) естественный сток Мургаба составит 59,1 м^3/с или 1,86 км^3/год. Сток реки Герируд (Теджен) до границы с Ираном оценивается по посту Тирпуль в 30,7 м^3/с или 0,97 км^3/год. Эта цифра приводится и в работах В.Л.Шульца (1968) и Э.А.Гарбовского (1989). С поправкой на орошение естественный сток реки Герируд (Теджен) оценивается в 69 м^3/с или 2,17 км^3/год, т.е. река Теджен в своем естественном состоянии превышает по водности реку Мургаб. Суммарный естественный сток рек Мургаб и Теджен оценивается в 1,86 + 2,17 = 4,03 км^3/год.

В работе «Афганистан: возвращение к мирной жизни. Тенденции развития и направления регионального сотрудничества. Взгляд из Центральной Азии» (НИЦ МКВК, 2007) приводятся данные из различных источников по стоку рек Афганистана Амударьинской и Притуркменской зон: сток реки Кундуз оценивается в 3,6 км^3/год, реки Кокча – в 5,4…5,7 км^3/год, реки Мургаб – в 1,6 км^3/год, реки Герируд – 0,97 км^3/год. Данные оценки характеризуют сток Афганских рек, искаженных антропогенным воздействием.

Оценка водных ресурсов Туркменистана

В исследованиях PEER при оценке водных балансов зон планирования учтены реки Мургаб и Теджен. Река Атрек и незначительные по водности реки северо-восточного склона хребта Копет-Даг в расчеты не включены, поскольку относятся к бассейну Каспия.

На территории Туркменистана сток реки Мургаб измеряется в нескольких створах, ближайший к границе Афганистана – пост Сеин-Али; сток реки в этом створе оценивается (Гарбовский Э.А., 1989) в 47.9 $м^3$/с или 1.51 $км^3$/год, а с поправкой на орошение – в 50 $м^3$/с или 1.58 $км^3$/год. На территории Туркменистана ниже поста Сеин-Али в реку Мургаб впадают реки Кушка (4.5 $м^3$/с) и Кашан (6.5 $м^3$/с). Таким образом, естественные водные ресурсы бассейна реки Мургаб на территории Туркменистана (на уровне водозабора в Афганистане 1985 года) можно принять равными 50 + 4.5 + 6.5 = 61 $м^3$/с или 1.91 $км^3$/год. Сток реки Герируд (Теджен) на территории Туркменистана оценивается по створу ниже моста Пулихатум; средний многолетний сток реки в этом створе оценивается по данным 1914-1959 гг в 32.3 $м^3$/с или 1.02 $км^3$/год (В.Л.Шульц, 1965). Суммарный сток рек Мургаб и Теджен составляет 1.91 + 1.02 = 2.93 $км^3$/год.

Оценка водных ресурсов Республики Узбекистан

Водные ресурсы Республики Узбекистан в схеме регулирования и распределения стока представлены стоком трансграничной реки Амударья в ее верхнем (до створа выше Гарагумдарьи), среднем (до ТМГУ) и нижнем течениях. В водных балансах зон планирования учитываются: водные ресурсы бассейнов рек Сурхандарья и Шерабад, часть стока рек Кашкадарья (Каршинская зона), Зеравшан (Каршинская и Навоийская зоны планирования). В Диагностическом докладе «Рациональное и эффективное использование водных ресурсов в Центральной Азии», подготовленном специальной экономической программой в ЦА - СПЕКА (ООН, 2000) суммарный сток рек Сурхандарья и Шерабад оценивается в 3,32 $км^3$/год, из них на Таджикистан приходится 0,32 $км^3$/год, а на Республику Узбекистан – 3,00 $км^3$/год; сток реки Кашкадарья оценивается в 1,23 $км^3$/год, а сток реки Зеравшан – 5,14 $км^3$/год (из них на Узбекистан приходится 4,64 $км^3$/год). Сопоставимой с оценкой СПЕКА является оценка НИЦ МКВК, основанная на анализе ретро-рядов стока рек Бассейна Аральского моря до 1999 года: водные ресурсы бассейна Сурхандарьи равны 3,4 $км^3$/год, Кашкадарьи – 1,3 $км^3$/год, Зеравшана – 5,2 $км^3$/год.

1.1.6. Гидроэнергоресурсы

Важным компонентом водохозяйственного комплекса является гидроэнергетика, предъявляющая свои жесткие режимные требования к водотокам. Реки бассейна, особенно их горные участки, обладают значительными запасами гидроэнергетических ресурсов.

В Сводной записке (1984 г.) энергетический потенциал всех рек в бассейне Амударьи оценивался в размере 390 млрд.кВт.ч, что составляло 63% от гидроэнергоресурсов всех рек Центральной Азии. В таблице 5. показаны потенциальные гидроэнергоресурсы по основным рекам:

Таблица 5

Потенциальные гидроэнергоресурсы бассейна реки Амударьи
(данные Сводной записки 1984 г.)

Наименование рек	Гидроресурсы, млрд. кВт ч.
Пяндж	97,6
Бартанг	8,4
Гунт	11,0
Вахш	45,0
Обихингоу	17,6
Сурхоб	14,7
Амударья	36,0
Кафирниган	12,5
Сурхандарья	12,3
Зеравшан	18,0
Итого	**283,0**

По данным Министерства энергетики и водных ресурсов Таджикистана, в настоящее время общий потенциал гидроресурсов Таджикистана оценивается в 527 млрд. кВт.ч., большая часть из которых в бассейне Амударьи (см. таблицу 6).[5]

Таблица 6

Потенциальные запасы гидроэнергоресурсов Таджикистана
(данные МЭиВР)

Бассейн реки	Среднегодовая энергия, ТВт.ч.
Пяндж	122,90
Бартанг	26,01
Гунт	19,80
Ванч	10,34
Язгулем	7,40
Кызыл-су	9,52
Вахш	251,15
Кафирниган	37,22
Оз. Кара-куль	0,90

[5] Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Перспектива развития гидроэнергетики в Таджикистане. См также Г.Н.Петров, Х.М.Ахмедов. Комплексное использование водно-энергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. Современное состояние, проблемы и пути решения. – Душанбе: Дониш, 2011. – 234 с.

Сурхандарья	5,50
Зеравшан	33,94
Сырдарья	2,28
Итого	**527,06**

Гидроэнергоресурсы, возможные к освоению, сосредоточены, главным образом, на Пяндже и Вахше. Все построенные и строящиеся гидроузлы с ГЭС проектировались как комплексные – ирригационно-энергетические. Учитывая, что требования ирригации и энергетики противоречивы, так как, для ирригации основные расходы воды необходимы в вегетационный период, а для энергетики - равномерный режим в течение всего года, комплексность использования водных ресурсов достигается путем компромисса.

1.2. Правовая и институциональная основа

1.2.1. Правовая основа

Фундамент современного управления водными ресурсами в бассейне реки Амударья заложен в Соглашение «О сотрудничестве в сфере совместного управления использованием и охраной водных ресурсов межгосударственных источников» (Алматы, 1992 г). В данном документе страны ЦА согласились уважать «сложившуюся структуру и принципы распределения» и основываться «на ныне действующих нормативных документах по распределению водных ресурсов межгосударственных водных источников» (преамбула), а также «обязуются обеспечить строгое соблюдение согласованного порядка и установленных правил использования и охраны водных ресурсов» (статья 2). В 1995 году эти положения были подтверждены Главами государств в Нукусской декларации.[6]

Таким образом, руководящим документом, определяющим структуру и принципы распределения водных ресурсов реки Амударья, являются документы советского периода, а именно Протокол №566 заседания Научно-технического совета Министерства мелиорации и водного хозяйства (Минводхоз) СССР от 10 сентября 1987 г., утвержденный 3 декабря 1987 года Министром мелиорации и водного хозяйства СССР Н.Ф. Васильевым (далее Протокол №566). Данным протоколом утверждено «Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударьи», выполненное институтом «Средазгипроводхлопок» в 1984 году по заданию Минводхоза СССР.

Немаловажную роль в детализации и дальнейшем развитии данных положений играют региональные соглашения, подписанные государства бассейна в годы независимости, включая Кзыл-ординское соглашение 1993 года, Соглашение о статусе МФСА и его организаций 1999 года и другие. Дополнительно к этим специальным инструментам, имеются многосторонние природоохранные конвенции, к которым присоедини-

[6] Нукусская декларация государств Центральной Азии и международных организаций по проблемам устойчивого развития бассейна Аральского моря (5 сентября 1995 г., Нукус).

лись государства бассейна реки Амударья, а также нормы обычного международного права, обязательные к исполнению всеми государствами.

1.2.2. Межгосударственные институты управления и водохозяйственная инфраструктура

Создание и становление региональных институтов

Сложившаяся в конце 80-годов форма управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря в условиях единого федерального государства СССР исчерпала свои возможности и стала сдавать сбои в вопросах оперативного управления. При затяжном маловодье 1974-75 гг. практически реками управлял штаб Минводхоза СССР во главе с заместителем министра, который находился в Ташкенте, а десятки наблюдателей от различных организаций контролировали заборы воды в каналах.

Поэтому в целях совершенствования и повышения эффективности управления водными ресурсами в бассейне, перехода на бассейновые принципы управления, а также для обеспечения более оперативного, своевременного решения водохозяйственных задач по предложению Республик Центральной Азии 27 августа 1987 года приказом Минводхоза СССР по согласованию с Республиками было принято решение о создании Амударьинского бассейнового управления по межреспубликанскому распределению водных ресурсов (Упрводхоз «Амударья») с размещением в г. Ургенче, Республика Узбекистан. Становление Упрводхоза «Амударья» потребовало около двух лет. С 1989 года стала создаваться собственная база гидрологических данных, данных по водозаборам, коллекторно-дренажным сбросам, планированию и использованию установленных лимитов водозаборов, данные по сбросам в Приаралье и другие.

В 1992 году была создана Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия (МКВК) по проблемам регулирования, рационального использования и охраны водных ресурсов межгосударственных источников (статья 7 Алматинского соглашения), а Упрводхоз «Амударья» был преобразован в бассейновое водохозяйственное объединение (БВО) «Амударья» и подчинен ей в качестве исполнительного и межведомственного контрольного органа» (статья 9).

Мандат и задачи МКВК

В состав МКВК входят первые руководителей водохозяйственных организаций стран ЦА, которые должны встречаться ежеквартально. Основными задачами МКВК являются:

- определение водохозяйственной политики в регионе, разработка ее направлений с учетом нужд всех отраслей народного хозяйства, комплексного и рационального использования водных ресурсов, перспективной программы водообеспечения региона и мер по ее реализации,
- разработка и утверждение лимитов водопотребления ежегодно для каждой из республик и региона в целом, соответствующих графиков режимов работы во-

дохранилищ, корректировка их по уточненным прогнозам в зависимости от фактической водности и складывающейся водохозяйственной обстановки (статья 8).

Мандат и задачи БВО «Амударья»

Задачи БВО «Амударья» были определены следующим образом:

- оптимальное межгосударственное и межотраслевое планирование;
- распределение водных ресурсов с целью удовлетворения потребности в воде населения и отраслей народного хозяйства в соответствии утвержденными лимитами членами МКВК, с учетом водности и экологической обстановки;
- обеспечение оперативного контроля за соблюдением лимитов водоподачи и всего комплекса организационно-технических мер, связанных с этими задачами,
- обеспечение подачи санитарно-экологических попусков в зону Приаралья и Аральское море.

Для достижения указанных целей и задач БВО выполняет следующие функции:

- разработка планов водозаборов, режима работы каскада водохранилищ, корректировка и согласование МКВК сезонных лимитов водопотребления для государств бассейна;
- осуществление среднесрочного планирования, совместного развития и охраны водных ресурсов, согласованного с водохозяйственными и энергетическими ведомствами государств бассейна, участие в перспективном планировании;
- подача воды государствам - водопотребителям, в Аральское море с Приаральем в соответствии с решениями МКВК
- осуществление оперативно-диспетчерского управления водными ресурсами бассейна р. Амударьи и оперативного контроля за соблюдением лимитов водозаборов;
- представление ежемесячной информации по использованию водных ресурсов членам МКВК и заинтересованными субъектами.
- создание и реализация Автоматизированной системы управления водными ресурсами бассейна р. Амударьи, выполнение работ по организации водоучета и водоизмерения на головных водозаборах, оборудование их средствами автоматизации и телемеханики;
- выполнение совместно с органами гидрометеослужбы государств контрольных замеров воды на приграничных створах территориальных управлений для проведения балансового учета речного стока;
- мониторинг экологического состояния водных систем бассейна Амударьи и качества трансграничных водных ресурсов;
- контроль соблюдения утвержденного МКВК режима работы каскада водохранилищ;

- осуществление природоохранных мероприятий в пределах водоохраных зон трансграничных рек и водохранилищ в соответствии с законодательством стран, и по согласованию с местной администрацией, на территории которых находиться управление ими;
- осуществление текущих ремонтов, реконструкции и технической эксплуатации гидроузлов, головных водозаборных сооружений, водохранилищ, межгосударственных каналов и коллекторов, объектов автоматизированной системы управления водными ресурсами бассейна реки Амударья и других объектов, находящихся на его балансе, для поддержания их в нормальном техническом состоянии;
- выполнение функций заказчика по научно-исследовательским работам, проектированию, строительству новых и реконструкции находящихся на балансе объединения водохозяйственных объектов;
- разработка и осуществление совместно с водохозяйственными органами государств и другими заинтересованными предприятиями и организациями мероприятий по безаварийному пропуску паводков и защите населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий от затопления, наводнения и других катастрофических ситуаций, связанных с водой;
- осуществление контроля финансово-хозяйственной деятельности подведомственных организаций, проведения документальных ревизий
- проведение работ по подбору и расстановке кадров в подведомственных организациях по согласованию с соответствующими Министерствами;
- обеспечение соблюдения требования охраны труда и техники безопасности.

Территориальные подразделения БВО «Амударья»

Согласно общей договоренности государств Центральной Азии в сферу межгосударственного управления и распределения водных ресурсов вовлечены стволы следующих рек: река Пяндж, река Вахш, река Кафирниган и сама река Амударья. С учетом морфологических и географических особенностей бассейн реки Амударьи делится на три участка - верхнее течение (стволы рек – притоков Амударьи Вахш, Пяндж, Кафирниган и Кундуз). В него включается и участок реки Амударья до гидропостаКелиф. Далее идет среднее течение между гидропостомКелиф и Тюямуюнским водохранилище и, наконец, нижнее течение ниже Тюямуюна, включая дельту реки. С учетом этого, при БВО «Амударья» действуют четыре управления по эксплуатации водозаборных сооружений, гидроузлов, межгосударственных каналов с центрами в городах Курган-тюбе (Республика Таджикистан), Туркменабад (Туркменистан) Ургенч (Республика Узбекистан), Тахиаташ (Республика Каракалпакстан).

За ***Верхнедарьинским управлением (ВДУ)*** закреплён верхний участок реки. ВДУ расположено в г. Курган-Тюбе и обслуживает по подаче воды часть Ошской области Кыргызстана, Хатлонскую и Горно-бадахшанскую области, а также районы республиканского подчинения Таджикистана и Сурхандарьинскую область Узбекистана. Выше всех расположены орошаемые земли Алайской долины Кыргызстана с площадью орошения 23,8 тыс. га. Затем следуют орошаемые земли по р. Вахш площадью 172,2 тыс. га, которые забирают воду из Яван-Обикиикского, Вахшского, Самотечного, Шурабадского магистральных каналов, а также Гараутинской насосной станции. Ряд кана-

лов – Дехканабад, Халкаяр подают воду из реки Пяндж на площадь 67,3 тыс. га – все на территории Таджикистана. Река Кафирниган орошает 44,958 га таджикских земель, из них в зоне ВДУ 19,4 тыс. га. ВДУ распределяет также воду Сурхандарьинской области Узбекистана, где орошается всего 327 тыс. га земель, из них непосредственно из Амударьи 102,3 тыс. га, в том числе по каналу Аму-Занг 93 тыс. га. На территории, обслуживаемой ВДУ, расположено несколько водохранилищ на р. Вахш – Головная, Перепадная, Байпазинская, две Сангутдинские и крупнейшая в настоящее время в мире по высоте Нурекская ГЭС с водохранилищем. Два водохранилища – Гиссарское и Южно-Сурхандарьинское функционируют на территории Сурхандарьинской области. Кроме того, орошаемые земли имеются по Пянджу на территории Афганистана, но их площадь не известна. ВДУ эксплуатирует водозаборные сооружения в количестве 9 штук, контролирует водозаборы из рек Вахш, Пяндж, Кафирниган и на участке реки Амударья длиной 246 км до гидропоста Келиф (ствол реки Амударья на территории Узбекистана, контролируется Термезским участком ВДУ).

Среднедарьинское управление (СДУ) контролирует водозаборы на самом большом участке – на участке среднего течения реки Амударья длиной 552 км, расположенного между гидропостами Келиф и Бирата. На балансе СДУ находится 9 крупных речных водозаборов, и подконтрольные Гарагумдарья, Каршинский магистральный канал и насосные станции. Водозаборы АБМК контролируются Амубухарским участком СДУ. СДУ подает воду Кашкадарьинской и Бухарской областям Узбекистана и Лебапской, Марыйской и Ашхабадской областям Туркменистана. В среднем течении наиболее крупные массивы современного орошения сосредоточены на каналах большой протяженности. К таким каналам относятся Гарагумский канал (Гарагумдарья), Каршинский магистральный канал, Амубухарский канал. В системе каждого канала действуют наливные водохранилища сезонного регулирования. Оросительные системы от Келифа до Тюямуюна получают воду еще по десятку каналов с бесплотинным водозабором (Лебапскийвелоят). СДУ имеет площадь орошения 1670 тыс. га, в т.ч. Каршинской канал 351 тыс. га, Гарагумдарья 720 тыс. га, Амубухарский канал 323 тыс. га и каналы Лебапскоговелоята 305 тыс. га. Каждая из этих систем достаточно сложная по гидрографическому построению, имеет большое количество насосных станций. Это и наличие бесплотинных водозаборов определяет индивидуальные требования каждой из этих систем к условиям головного водозабора, что резко усложняет планирование и работу по подаче воды со стороны БВО. На территории среднего течения расположен Тюямуюнский гидроузел с водохранилищем и ГЭС.

В низовьях реки Амударьи по обоим берегам реки построены крупные системы ирригационных каналов: Ташсака, Пахтаарна, Клычниязбай, Ургенч-Дарьялык-арна, Хан-яб, Дустлик, Суэнли. Все эти каналы распределены между ***Управлением амударьинских межреспубликанских каналов (Упрадик) и Нижнедарьинским управлением (НДУ).***

Управление Амударьинских межреспубликанских каналов (УПРАДИК) является старейшим управлением межреспубликанских каналов, обслуживающим туркменские и узбекские оросительные системы по каналам Клычбай, Газават, Шават, Кипчак Бозсу, Туркмендарья в Туркменистане (208 тыс. га) и Ташсака, Ургенчарна, Клычбай, Кипчак-бозсу, Дарьялык в Узбекистане на площади 384,4 тыс. га в Хорезмской области и Каракалпакстане. УПРАДИК осуществляет эксплуатацию 11 речных водозаборов, 52 гидротехнических сооружений на магистральных каналах, содержит и эксплуатирует 341 км магистральных каналов, контролирует водозаборы на участке нижнего течения реки от Тюямуюнского гидроузла до гидропоста Кипчак (протяженность участка реки - 167 км).

Нижнедарьинское управление (НДУ) осуществляет эксплуатацию Тахиаташского гидроузла, головных речных водозаборов каналов Хан-яб и Джумабайсака, контролирует все водозаборы из реки на участке нижнего течения реки от гидропоста Кипчак до Аральского моря (протяженность участка - 283 км). НДУ (396,4 тыс. га) обслуживает Дашаузский велоят Туркменистана через каналы Хан-яб (Совет-яб) и Джумабай-сака на площади 180,6 тыс. га, а также северную часть республики Каракалпакстана через каналы Кызкеткен, Бозатау и Суенли, а также Параллельный площадью орошения 215,8 тыс. га. Сюда включаются также площади, орошаемые насосными станциями из реки Амударья ниже гидропоста Кипчак и подача воды Тахиаташской ГРЭС. В нижнем течении расположен Тахиаташский гидроузел на расход 10000 м^3/сек и недостроенный комплекс дельтовых сооружений с Междуреченским водохранилищем, которое по идее должно было бы обеспечивать стабильную работу дельтовых озер в интересах экологии. Общая площадь земель, орошаемых непосредственно из реки Амударья составляет 2687,8 тыс. га.

Дашогузская дирекция БВО «Амударья» осуществляет финансовую и материально-техническую обеспеченность организаций и учреждений, входящих в состав БВО «Амударья» на территории Туркменистана. Также осуществляет контроль за водозаборами в приграничной зоне Дашогузскоговелоята, обеспечивает проведение подрядных работ.

На рисунке 1 приводится схематическое изображение организационной структуры БВО «Амударья» и его взаимодействия с национальными водохозяйственными организациями. Аналогов такой структуры в мире нет.

1.3. Принципы и практика вододеления

1.3.1. Сфера регулирования и принципы вододеления

В сферу межгосударственного управления и распределения водных ресурсов в бассейне Амударьи входит река Амударья и её основные притоки – стволы рек Вахш, Пяндж и Кафирниган (малый бассейн Амударьи). Располагаемые водные ресурсы по реке Амударья оценены в 74,07 км^3/год, из которых зарегулированные водные ресурсы составляют 62,10 км^3/год. При подсчете объема располагаемых ресурсов в соответствии с Корректирующей запиской[7] вычтены отборы в Афганистан (2,10 км^3/год), потери из рек и водохранилищ (3,48 км^3/год) и санпопуск по р. Амударья (3,15 км^3/год). Среднемноголетний речной сток Амударьи составляет 66,90 км^3/год.

В бассейне реки Амударья осуществляется межгосударственное лимитированное вододеление – это основное принципиальное положение исходя, из которого строится межгосударственное сотрудничество.

Вододеление в бассейне реки Амударьи основывается на установленных (i) лимитах водозабора для четырех стран бассейна - Кыргызстана, Таджикистана, Туркме-

[7] При ежегодном планировании учитываются фактические величины на начало года.

нистана и Узбекистана[8], (ii) режиме работы водохранилищ и (iii) подаче воды для Арала и Приаралья.

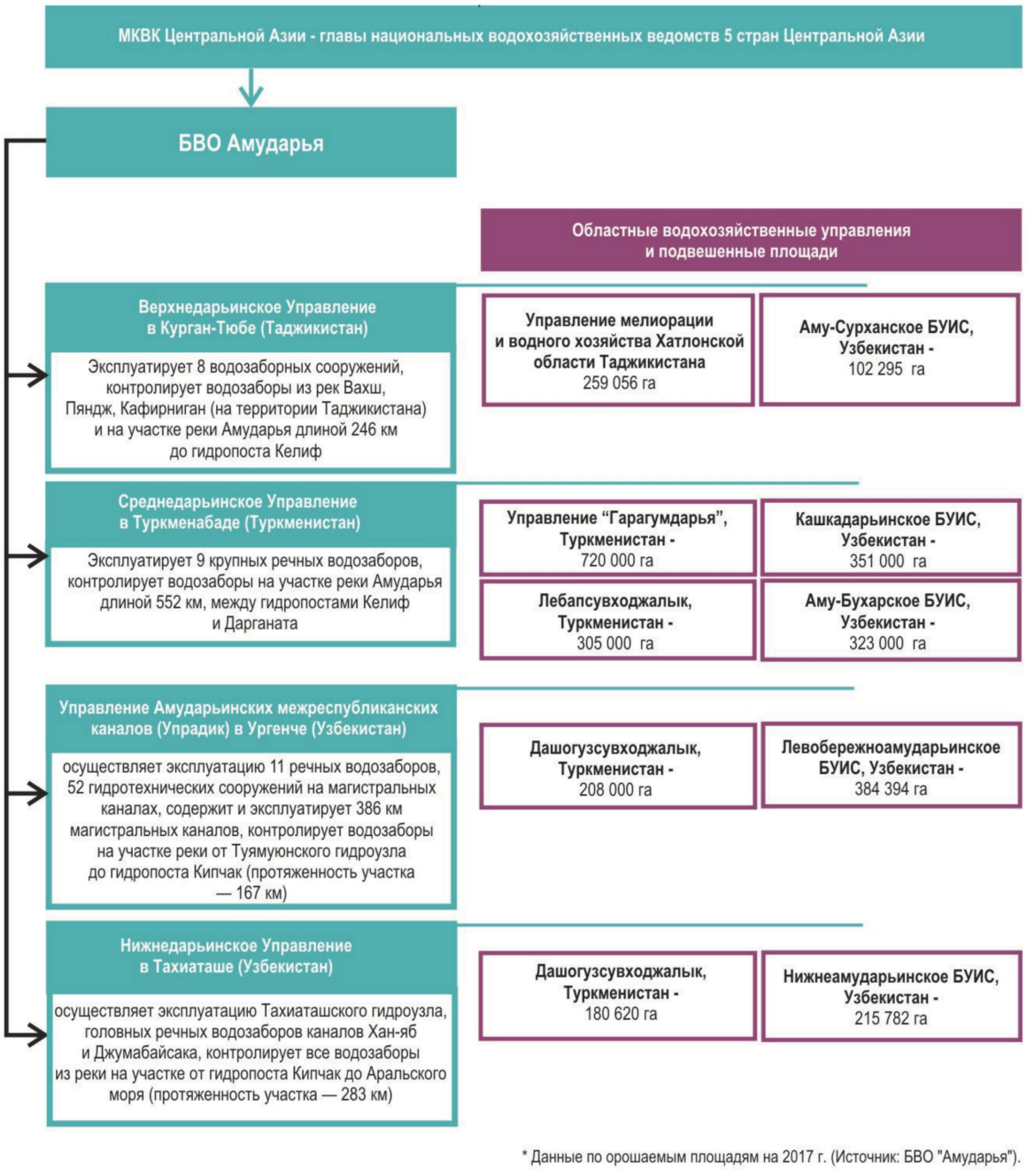


Рис. 1. Организационная структура БВО «Амударья» и ее взаимодействие с национальными водохозяйственными организациями

[8] Афганистан не участвует в региональной структуре вододеления. Его предполагаемое использование в объеме 2.10 км^3/год вычтено при подсчете объема располагаемых ресурсов.

Лимиты водозаборов между республиками по реке Амударья установлены Протоколом № 566, согласно «Уточненной схеме…», исходя из водозабора из реки в размере - 61,5 км^3 (таблица 7).

Таблица 7

Водозаборы республик из р. Амударьи
по уровню полного исчерпания водных ресурсов (1995 г)

Республики	**Объемы водозаборов, км^3**	**%%**
Узбекистан	29.6	48.2
Таджикистан	9.5	15.4
Кыргызская Республика	0.4	0.6
Туркменистан	22.0	35.8
Итого:	61.5	100
в том числе ниже г/п Керки:		
Узбекистан	22.0	50
Туркменистан	22.0	50

Данные объемы водозаборов из реки Амударья установлены по уровню полного исчерпания водных ресурсов, «исходя из сложившегося водопотребления, существующих орошаемых площадей и с учетом расчетного удельного водопотребления» (Протокол №566). При их определении учитывались исторически сложившееся и существующее водопользование, используемые орошаемые земли и расчетное удельное водопотребление по уровню полного исчерпания водных ресурсов. При этом, в Протоколе №566 отдельно отмечается, что «Дальнейшее развитие орошения допускается только в пределах установленных лимитов за счет снижения удельного водопотребления путем рационализации водопользования: совершенствования оросительных систем, переустройство дренажа, повторное использование возвратных вод внутри орошаемых массивов, совершенствование техники и технологии поливов» (пункт 8).

Начиная с 1992 года утверждение лимитов водозаборов раздельно на межвегетационный и вегетационный периоды с учетом охраны природного комплекса низовьев Амударьи, санитарных попусков и сброса в Аральское море осуществляется МКВК, а их реализация – БВО. Статьей 8 Алматинского соглашения 1992 года на МКВК возложена задача по «разработке и утверждению лимитов водопотребления ежегодно для каждой из республик и региона в целом».

Реальные осредненные лимиты, установленные за период с 1992 по 2016 годы решениями МКВК, составляют 60,52 км^3. Их разбивка по участкам реки в зоне обслуживания БВО «Амударья» приведена в таблице ниже.

Таблица 8

Фактически усредненныее лимиты водозаборов за период 1992-2016 гг.

Лимиты по участкам реки	Объемы водозаборов, км^3
Верхнее течение (зона обслуживания ВДУ)	
Кыргызская Республика	0.45
Таджикистан	9.50
Сурхандарьинская область (Узбекистан)	1.57
Итого:	*11.52*
Среднее и нижнее течение (зона СДУ, УПРАДИК и НДУ)	
Туркменистан	22.0
Узбекистан	22.0
Итого:	*44.0*
Санитарные попуски и подача речной воды в Приаралье	
Санитарно-экологические попуски в межвегетацию в низовьях рек	0.8
Подача речной воды в Приаралье и Аральское море	4.2
Итого	*5.0*
Всего распределяемых лимитов за гидрологический год	**60.52**

МКВК также уполномочена принимать решения относительно режима работы водохранилищ в бассейне Амударьи (статья 8 Алматинского соглашения). БВО «Амударья» готовит на рассмотрение МКВК варианты режима работы Туямуюнского водохранилища, а также совместно с КДЦ «Энергия» разрабатывает режим работы Нурекского водохранилища, исходя из фактической водохозяйственной обстановки. Режимы работы водохранилищ утверждается МКВК по сезонам и месяцам водохозяйственного года. В утвержденной Протоколом «Уточненной Схеме…» был заложен ирригационный режим работы водохранилищ, совпадающий с естественным гидрологическим циклом реки Амударья. В Протоколе №566 отмечалось о направленности и эксплуатации имеющихся и планируемых водохранилищ для обеспечения сезонного и многолетнего регулирования в интересах ирригации.

Помимо лимитов водозаборов стран и режима работы водохранилищ, при распределении водных ресурсов реки Амударья также должны учитываться потребности экосистем. В Протоколе №566 был установлен объем санитарного попуска по р. Амударья в размере 3.15 км^3/год, с требованием его строгого соблюдения на всем протяжении и обеспечения пропуска воды через Тахиаташский гидроузел в течение всего года в размере не менее 100 м^3/с.

В соответствии со статьей 10 МКВК и ее исполнительным органам было поручено выполнять меры по рациональному и экономному использованию водных ресурсов, пропуску санитарных расходов по стволам всех рек и оросительным системам (где они предусмотрены), подачу в дельты рек и Аральское море гарантированного объема водных ресурсов с целью оздоровления экологической обстановки, соблюдение качества воды в соответствии с достигнутыми соглашениями.

В Протоколе не предусматривалась дифференциация величин санитарного попуска в зависимости от водности. Вместе с тем, в Алматинское соглашение 1992 года, которое, по сути, легализовало продолжения действия положений Протокола, было внесено требование «устанавливать объемы санитарного попуска на каждый конкретный год, исходя из водности межгосударственных источников» (статья 4). Безусловно, данное требование договора является чрезвычайно гибким и открытым для толкования. Поэтому для разъяснения и конкретизации данной нормы требовалось определение конкретных величин попусков для лет различной водности, которые должны гарантировано соблюдаться. По поручению МКВК, НИЦ осуществил ряд научно-исследовательских работ по уточнению объемов воды, необходимых для экологического поддержания рек и дельты, особенно озерных систем. Полученные результаты несколько скорректировали величины, установленные в Протоколе. В частности, по результатам проекта НАТО были рекомендованы следующие объемы подачи воды в разные по водности годы «для поддержания экологически устойчивого профиля дельты реки Амударьи и подпитки озерных систем на площади 180 тыс. га: для многоводных лет - 8 км^3 воды, для среднего года - 4,6 км^3, а для маловодных - минимум 3,1 км^3 воды».[9] В Национальном докладе о состоянии окружающей среды в Узбекистане 2013 года потребности дельт реки Амударья оцениваются в 8 км^3/год, а к 2025 году приток в дельту предлагается увеличить как минимум до 11 км^3/год.[10]

26 марта 1993 года в г. Кзыл-Орде состоялась конференция глав государств Центральной Азии по проблемам Арала и Приаралья, по итогам которой было подписано Соглашения «О совместных действиях по решению проблемы Аральского моря и Приаралья, экологическому оздоровлению и обеспечению социально-экономического развития Аральского региона». В нем предусматривалось в качестве общих задач (Статья 1):

- гарантированное обеспечение подачи воды в Аральское море в объемах, позволяющих поддерживать устойчивую акваторию на экологически приемлемом уровне и сохранении таким образом моря как природного объекта;
- возобновление, на основе выработанных новых взаимоприемлемых условий, работ по подаче в бассейн Аральского моря дополнительных водных ресурсов.

[9] Южное Приаралье – новые перспективы. Ташкент.2003. Под редакцией проф. В.А. Духовного и Ю. де Шуттера. Результаты проекта «Интегрированное управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря с целью восполнения водных поверхностей Южного Приаралья". Грант НАТО «Наука во имя мира» SFP 974357.

[10] Национальный доклад о состоянии окружающей среды в Узбекистане 2013 года. Госкомприроды, с. 71

1.3.2. Соблюдение принципов вододеления в годы независимости

Хотя все страны бассейна согласовали сохранение действия принципов вододеления советского периода, их соблюдение на практике оказалось проблематичным. Ниже будет рассмотрено использование лимитов водозаборов стран за последние 25 лет, включая вопросы соблюдения режима стока и подачи воды в Арал и Приаралье.

Соблюдение лимитов водозаборов стран

С 1991 по 2015 годы в среднем годовые лимиты водозаборов стран бассейна соблюдались достаточно хорошо.

За рассматриваемый период в среднем годовой лимит Таджикистана составлял 9,3 км^3, а фактическое использование – 7,5 км^3. Таким образом, в среднем Таджикистан ежегодно не использует 1,8 км^3 из отведенного ему лимита водозабора.

За рассматриваемый период средний годовой лимит Туркменистана составлял 21,5 км^3, а его фактическое использование - 20,2 км^3. Перебор лимита более 1 км^3 наблюдался лишь дважды – в 1995-1996 и 2001-2002 годах. При этом перебор лимита в вегетацию 2002 года был вызван повышенной фактической водностью тогда, как лимиты были установлены, исходя из прогноза пониженной водности (78 % обеспеченности) и поэтому урезаны на 15 %. Недоборы свыше 4 км^3 против лимита имели место в маловодные 1999-2000, 2000-2001, 2007-2008 и 2008-2009 годы, а в 2010-2011 году составили около 5 км^3. Начиная с вегетации 2008 года, Туркменистан фактически использует меньшее количество воды, чем выделяется по лимиту: в среднем отклонение составляет 2.3 км^3.

С 1991 по 2015 годы в среднем годовой лимит Узбекистана составлял 22.5 км^3, а фактическое использование - 21.5 км^3 . Перебор лимитов со стороны Узбекистана более 2 км^3 наблюдался в 1995-1996, 1997-1998 и 1998-1999 годах - преимущественно в межвегетационный период, что объясняется повышенной фактической водностью по сравнению с прогнозной. Недоборы свыше 4 км^3 против лимита имели место в маловодные 1999-2000, 2000-2001, а свыше 6 км^3 – в 2007-2008 и 2010-2011 годах. Начиная с вегетации 2008 года, Узбекистан так же, как и Туркменистан, фактически получает меньше воды, чем установлено по лимиту в среднем на 2.3 км^3.

Анализируя выполнение странами-членами МКВК графика распределения воды между участниками в соответствии с решениями МКВК за период 2006-2007 по 2015-2016 годы, НИЦ МКВК установил наличие значительных средних отклонений по бассейну р. Амударьи, хотя и значительно меньше, чем по бассейну р. Сырдарьи. Эти величины приведены в нижеследующей таблице для двух периодов – вегетации и невегетации.

Таблица 9

Средние значения отклонений фактических водозаборов от планов МКВК за период 2006-2016 гг. в %

Страна	Вегетация	Невегетация
Таджикистан	14,3	25,99
Туркменистан	14,67	5,55
Узбекистан	12,91	5,81

Надо отметить при этом, что в маловодные годы 2007-2008 гг. отклонения от графиков МКВК составили по р. Амударья в вегетацию по Туркменистану 25,9 % и по Узбекистану –35,4 %.

Соблюдение режимов работы водохранилищ

Несмотря на то, что государства бассейна реки Амударья признали действенность ранее достигнутых договоренностей, их требования в части соблюдения проектного режима работы водохранилищ и регулирования стока соблюдались не всегда. Примером может служить работа самого крупного водохранилища в бассейне – Нурекского водохранилища, расположенного на реке Вахш. Данное водохранилище было запроектировано для работы в ирригационно-энергетическом режиме, но стало эксплуатироваться в энергетическом режиме, то есть накапливать воду летом и опорожняться к началу вегетационного периода (рис. 2). Если в 1980-1990 годы объем воды в сентябре (последний месяц вегетации) в Нурекском водохранилище в среднем составлял 7,9 км^3, за период с 1992-2015 гг. его объем в сентябре стабильно превышал 10 км^3, за исключением маловодного 2008 года, когда он составил 9,6 км^3. Накопление воды летом усугубляет водохозяйственную ситуацию ниже по течению Амударьи – в Узбекистане и Туркменистане. В сложную ситуацию поставлено и орошаемое земледелие самого Таджикистана.

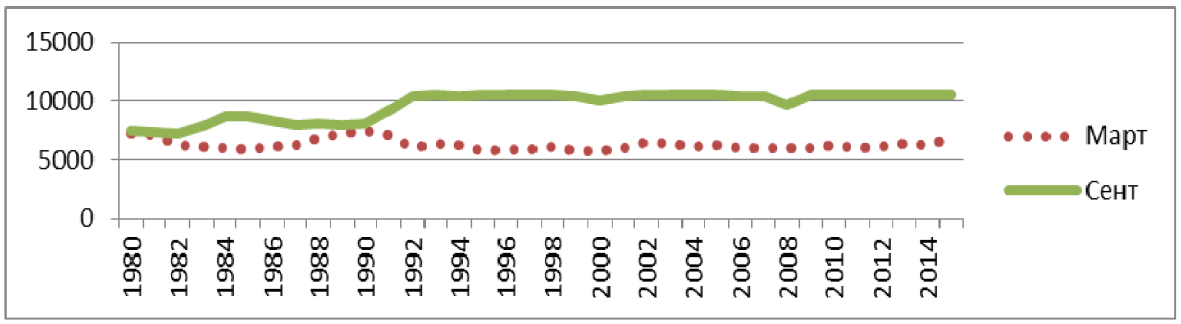


Рис. 2. Объем воды в Нурекском водохранилище на начало и конец вегетации сопоставление с 1980 по 2015 гг[11]

[11] Данные портала http://www.cawater-info.net/analysis/water/nurek.htm



Рис. 3. Сопоставление притока и попусков Нурекского водохранилища до и после 1991 года

Сопоставление притока и попусков из Нурекского водохранилища в 1980-1990 гг. и 1991-2015 гг. демонстрирует значительное увеличение попусков в межвегетацию. Если в 1980-1990 гг. разница между естественной приточностью к водохранилищу в межвегетацию составляла в среднем 2,8 км^3, то в 1991-2015 эта разница достигла в среднем 4,5 км^3. Разница между притоком и попуском с водохранилища в вегетацию возросла еще больше - более чем на 2 км^3, (в среднем 4,4 км^3 против 2,3 км^3 в 1980-1990 гг.). При этом в маловодные годы работа водохранилища усугубляет дефицит воды.

Соблюдение подачи воды в Арал и Приаралье

С первого заседания МКВК в протоколах отдельно указывается подача воды в дельту Амударьи и Приаралье и отслеживается ее использование, которое всегда было сопряжено со сложностями.

Суммарно, за 25 лет работы МКВК в дельту Амударьи было подано всего 220 км^3, либо в среднем 8 км^3 воды в год, что отвечает научно-обоснованным рекомендациям для многоводных лет. Но, как видно из рисунка 4, подача воды в дельту реки Амударьи не стабильна и не гарантирована по годам, по сезонам и по месяцам. Максимальный попуск наблюдался в 1991-1992 году в размере 29,1 км^3, а минимальный в 2000-2001 г. - 0,536 км^3. В маловодные годы дельта может практически не получать воду (пример 2000-2001 г.), а в многоводные годы служить бампером для слива излишков воды (1992, 1998, 2010). Минимально требуемый объем воды в размере 3,1 км^3 не был обеспечен последовательно в 2006-2007, 2007-2008 и 2008-2009 годы, а затем в 2009-2010 гидрологическом году подано в дельту около 20 км^3 воды. Такой нестабильный режим подачи воды не может поддерживать экологический баланс в дельте.



Рис. 4. Фактическая подача воды в дельту Амударьи (млн. м^3)

Не удается также обеспечить стабильность и равномерность водоподачи по сезонам и месяцам. Также требование Протокола № 566 «обеспечить стабильный пропуск воды через Тахиаташский гидроузел в течение всего года в размере не менее 100 м^3/с» не соблюдается.

1.3.3. Уроки работы МКВК в маловодные и многоводные годы

Положения региональных соглашений – и соответственно утвержденных ими схем советского период – достаточно скупы в вопросах регламентирования действий в экстремальных условиях. Фактически органам МКВК приходится работать только в рамках двух предписаний, непосредственно касающихся маловодных и многоводных ситуаций:

1) «При водности р. Амударьи выше расчетной все излишки воды, сверх указанных объемов водозабора, должны в первую очередь аккумулироваться в водохранилищах, а при очень высокой водности часть излишней воды должна подаваться в низовья реки для улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки в районах Приаралья. При водности ниже расчетной водозабор республик подлежит пропорциональному сокращению» (пункт 7 Протокола № 566 от 1987 г.).

2) «В исключительно маловодные годы по вопросам водообеспечения остродефицитных районов принимается специальное отдельное решение». (Статья 4 Алматинского соглашения)

Работа совместных органов в экстремальных ситуациях представляет собой чрезвычайно важный показатель «климатоустойчивости» всей системы водораспределения, поскольку она выявляет степень подготовленности к таким ситуациям, а также способность принятия оперативных и согласованных решений в нужный момент времени. Ниже будет рассмотрена практика работы МКВК в избранные многоводные и маловодные годы, имевшие место в бассейне р. Амударьи с 1991 по 2015 гг.

Практика водораспределения в многоводные годы

Начало работы МКВК (1992-1994 гг.) было отмечено периодом повышенной водности в бассейне р. Амударьи, что в сочетание с переходом водохранилищ на энергетический режим работы значительно осложнило задачи водохозяйственных организаций, особенно по части пропуска паводковых вод. В этот период основные задачи БВО «Амударья» были в проведение мероприятий в обеспечению прохождения паводковых и зимних расходов воды с минимальными потерями и ущербами для государств.

Вегетация 1998 года (143% обеспеченности) была самая многоводная за 25-летний период работы МКВК. Фактическая водность на приведенном гидропосту Керки выше Каракумского канала за вегетацию года составила 62,5 км^3, при прогнозе (45,9–52,2 км^3).[12] Сложности вегетационного периода 1998 года могут быть обобщены следующим образом.

Во-первых, водохозяйственные организации столкнулись с неготовностью русла после относительного маловодья в 1995-1997 годы обеспечить прохождение по реке длительного повышенного стока, что вызвало большие осложнения по его пропуску в среднем и нижнем течении. Несмотря на опережение плана в наполнении Нурекского водохранилища, расходы попусков в отдельные декады мая, июля и августа превышали 1500 м^3/с, а во вторую декаду июля составили 1821.1 м^3/с. Управление водохранилищем не смогло обеспечить стабильной равномерности во времени (пусть даже повышенных в сравнении с планом) попусков.

Во-вторых, в целях разгрузки речного тракта на время стабилизации водохозяйственной обстановки и ликвидации угрозы затопления было принято решение о пропуске излишней воды по ирригационным системам Республики Узбекистан и Туркменистана, которые были засчитаны как разовые аварийно-экологические попуски.

В-третьих, в данную многоводную вегетацию обеспеченность водой по государствам и участкам реки (среднее и нижнее течение) была в принципе достаточно равномерной, но имели место переборы лимитов водозаборов. Так, Узбекистан и Туркменистан допустили незначительные превышения лимитов водозабора на вегетационный период в объеме 0,52 км^3 и 0,1 км^3, соответственно. При этом, Туркменистан по итогам водохозяйственного года уложился в годовой лимит, а по Узбекистану перебор лимита за год сохранился в объеме 0,52 км^3 (2,4 %).[13]

В-четвертых, согласно Протоколу №566 при водности р. Амударьи выше расчетной все излишки воды, сверх указанных объемов водозабора, должны в первую

---

[12] «Итоги вегетационного периода 1998 года по бассейну реки Амударья». Информация по первому вопросу повестки дня 21-го заседания МКВК (23-24 октября 1998 г., Худжанд). Бюллетень №19, январь 1999 г., с.65.

[13] Государствам было разрешено использовать по необходимости сэкономленные в межвегетацию 1997-1998 объемы лимитов в вегетацию 1998 года в пределах годовых лимитов.

очередь аккумулироваться в водохранилищах, а при очень высокой водности часть излишней воды должна подаваться в низовья реки для улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки в районах Приаралья. Но как показал опыт многоводных периодов, предшествовавших маловодной вегетации 2000 года, необходимые запасы воды в водохранилищах не были накоплены. Основной причиной такой ситуации является отсутствие многолетнего регулирования, а также заинтересованность в производстве гидроэнергии, что обеспечивает немедленные прибыли.

Многоводная вегетация 2010 года (126 % обеспеченности) оказалась достаточно нежданной, ибо Узгидромет предсказал водность в пределах нормы,[14] фактическая водность оказалась 126 % от нормы. В сложившейся водохозяйственной ситуации установленный лимит на водозабор в бассейне реки Амударья был использован всего на 88%, а суммарный водозабор составил 34,9 км^3 воды. В отличие от многоводного 1998 года, обеспечение водой в эту вегетацию было неравномерно по государствам, участкам реки и не стабильно по времени (www.cawaterinfo.net/analysis/water/). Вегетация 2010 года показала, что необходимо улучшить систему учета поступления речного и коллекторно-дренажного стока в Южное Приаралье и Аральское море, не ограничиваясь данными только по створу Саманбай – необходимо включить данные по Правобережному коллектору, а также другим коллекторам левого, правого берегов Амударьи и данные по поступлению речной воды в Восточное море.[15]

Практика водораспределения в маловодные годы

Первое маловодье в период работы МКВК пришло в 1995 году после четырех многоводных лет работы (1991-1994). По информации гидрометслужб, апрель 1995 г. оказался аномально сухим, в течение которого количество осадков составило до 60-70 % от нормы. Объем Нурекского водохранилища к началу вегетации составил 5,7 км^3, что оказалось на 0,99 км^3 меньше плана. Режим работы водохранилища в период вегетации был нестабилен со значительными отклонениями от плановых показателей в ущерб нуждам орошения (рис. 5). При плане попусков расходом 1000 м^3/с в июле, фактический расход колебался от 697,61 м^3/с в первую декаду июля, 688,6 м^3/с – во вторую до 651 м^3/с в третью. При этом, фактический приток к водохранилищу во второй и третьей декаде июля и августе был выше прогнозного.

На 13-м заседании МКВК в г. Чарджев 19 января 1996 года было принято отдельное протокольное решение, в котором сделана попытка долговременного планирования и подготовки к будущим маловодным ситуациям.

В 1997 году, собравшись на юбилейное заседание в Душанбе, члены МКВК, обеспокоенные возможным осложнением водохозяйственной обстановки в бассейне рек Амударья и Сырдарья, обратились «к правительствам своих стран поддержать ее усилия в обеспечении единства в управлении водными ресурсами региона и не допускать превалирования местнических интересов над общерегиональными».[16]

По итогам маловодной вегетации 1997, которая прошла достаточно сложно, на 18-м заседании МКВК 21 февраля 1998 года в Ашхабаде был одобрен план мероприя-

---

[14] Материалы к первому вопросу повестки дня 55-го заседания МКВК (3-4 апреля 2010 г., Ашхабад).

[15] Анализ НИЦ МКВК (2010).

[16] Обращение МКВК от 22 апреля 1997 года в г. Душанбе. Бюллетень МКВК №14, июль 1997 г., с. 21.

тий по преодолению маловодья и водохозяйственные организации региона были обязаны совместно с БВО принимать активное участие в его осуществлении.

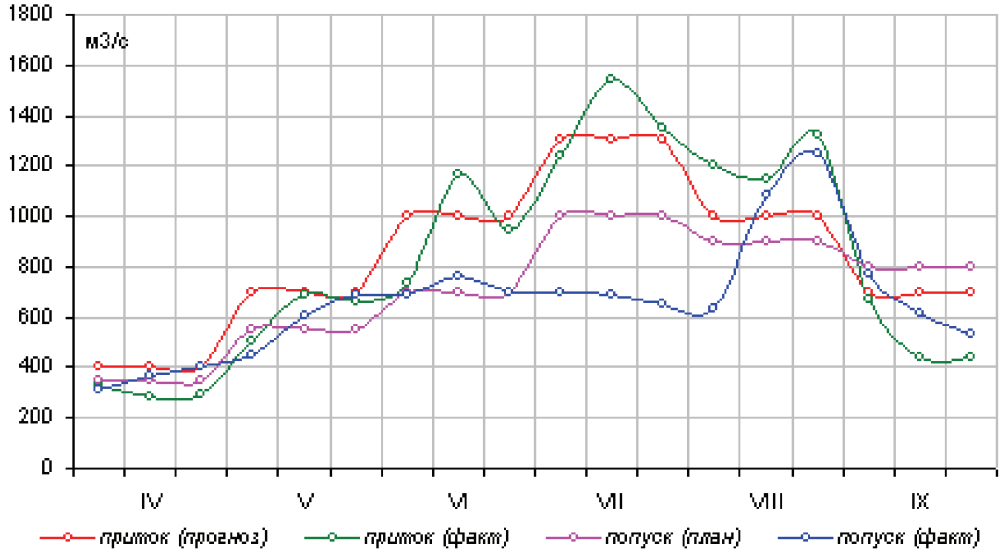


Рис 5. Притоки и попуски Нурекского водохранилища в маловодную вегетацию 1995

Маловодная вегетация 2000-2001 годов. Несмотря на эти сигналы, маловодная вегетация 2000 года явилась «серьезным испытанием для всего водного хозяйства региона и выявила существенные недостатки во взаимодействии всех участников управления.

В-первую очередь, *не были оптимально использованы водные ресурсы межвегетации 1999-2000 года* 111 % водобеспеченности (и предшествовавших ему многоводных периодов) и не были созданы необходимые для вегетации запасы воды в водохранилищах. Во-вторых, *не было обеспечено рациональное регулирование стока водохранилищами*. Несмотря на маловодье, в третьей декаде июня и июля были обеспечены расходы попусков даже выше плановых. Но, по оценкам специалистов, «основной недостаток, существующей в практике регулирования стока р. Амударьи, заключается в отсутствии расчетов по многолетнему ряду, которые могли бы дать рациональные ограничения по допустимым значениям наполнения водохранилищ к концу года. Анализ межвегетации 1999-2000 года показывает, что за этот период при жестком контроле и рациональном управлении в водохранилищах можно было бы накопить на 2.5-3 км^3 больше воды, чем было сделано фактически. Использование же Нурекского водохранилища как многолетнего регулятора позволили бы в вегетацию 2000 года сработать (без ущерба в последующие годы) дополнительно 0,5-1,0 км^3 воды». [17]

В-третьих, на оперативность и правильность принятия решений по подготовке к маловодью отрицательно сказался *сильно завышенный прогноз водности* на вегетаци-

[17] «Анализ маловодья 2000 года и меры на 2001 год по бассейну реки Амударья». Материал к 28-му заседанию МКВК (21-22 декабря 2000 г., Ашхабад). Бюллетень МКВК №26, апрель 2001, с. 40-41.

онный период 2000 года.[18] Согласно предварительному прогнозу гидрометслужб (10 марта), водность в створе Керки выше Каракумского канала ожидалась в среднем 99,7 %, по уточненному прогнозу (10 апреля) – уже 93 %, но все равно оказалась завышенной на 21.4 % по сравнению с фактической водностью вегетационного период 2000 года. Месячные прогнозы также дали отклонения 620-1020 $м^3/с$ и 530-1030 $м^3/с$ в июне и июле соответственно.[19]

Тем не менее, государства региона совместно с БВО «Амударья» предпринимали меры по налаживанию водной дисциплины, усилению контроля за речными водозаборами, включая насосные станции. Были созданы специальные совместные группы контроля. Проводились сокращения водозаборов в среднем течение для прогона воды к Туямуюнскому гидроузлу, а в нижнем течение для прогона воды к Тахиаташскому гидроузлу.[20] Было проведено шесть технических совещаний по разработке необходимого режима работы Туямуюнского гидроузла в условиях маловодья.

Несмотря на эти меры, результаты использования лимитов водозаборов за маловодную вегетацию 2000 года в разрезе государств и участков рек, приведенные в таблице, демонстрирует значительную неравномерность в их обеспечении по длине реки, а ситуация в Приаралье была просто критической.

Таблица 10

Использование лимитов водозаборов по участкам реки в вегетацию 2000 года с водностью 71,6 % от нормы - (%)[21]

<table>
<tr><td rowspan="3">Кырг
9.9</td><td>Верхнее
течение
84.2</td><td colspan="2">Среднее
течение
82.8</td><td colspan="3">Нижнее течение
48.4</td><td rowspan="3">Арал и
дельта
20.46</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Тадж.
84.2</td><td rowspan="2">Туркм.
80</td><td rowspan="2">Узб.
88.1</td><td>Туркм.
45.4</td><td colspan="2">Узб.
50</td></tr>
<tr><td>Дашогуз
45.4</td><td>Каракал.
42.7</td><td>Хорезм
64.2</td></tr>
<tr><td colspan="8">Всего по бассейну вегетационный лимит водозаборов использован на 68.8 % , при лимите водозаборов 38.1 км^3, факт составил 26.25 км^3. Таким образом, дефицит воды составил – 11.85 км^3</td></tr>
<tr><td colspan="8">Кыргызстан – 9.9
Таджикистан – 84.2
Туркменистан – 68.6
Узбекистан – 63.8</td></tr>
</table>

Проведенный по заданию 27-го заседания МКВК анализ выявил несколько причин неудовлетворительного распределения водных ресурсов в вегетацию 2000 года, включая неравномерности водообеспечения, среди которых:

---

[18] Там же.

[19] Бюллетень МКВК №26, апрель 2001 года, с. 36.

[20] «Анализ маловодья 2000 года и меры на 2001 год по бассейну реки Амударья». Материал к 28-му заседанию МКВК (21-22 декабря 2000 г., Ашхабад). Бюллетень МКВК №26, апрель 2001, с. 34.

[21] «Об итогах вегетационного периода 2000 года в бассейне реки Амударья». Информация по первому вопросу повестки дня 28-го заседания МКВК (21-22 декабря 2000 г., Ашхабад). Бюллетень МКВК №26, апрель 2001, с. 13.

- Низкая достоверность прогнозов и оценок располагаемых водных ресурсов, отсутствие (в полном объеме) информации о фактическом стоке реки и текущем дефиците, а также оценок возможных ущербов от последствий маловодья.
- Отсутствие эффективной системы контроля за водопотреблением, включающей экономические рычаги и элементы правовой ответственности.
- Нерациональное регулирование стока водохранилищами и отсутствие расчетов по многолетнему ряду, которые могли бы дать рациональные ограничения по допустимым значениям наполнения водохранилищ к концу года и как следствие использование Нурекского водохранилища как многолетнего регулятора. [22]

В отличие от 2000 года, государства бассейна были заранее проинформированы об ожидаемом маловодье в вегетационном периоде 2001 года. На 29-м заседании МКВК, состоявшемся в г. Кокшетау 12-13 апреля 2001 года, было принято решение о 15-процентном сокращении представленных на рассмотрение лимитов водозаборов. По ходу вегетации в связи с резким ухудшением водохозяйственной обстановки в низовьях реки БВО сократило лимиты водозаборов еще на 10%, проинформировав об этом членов МКВК.

К началу вегетации 2001 года в Нурекском водохранилище было накоплено 5.95 км^3 воды, что было выше плана на 0.126 км^3 и больше объемов прошлого года на 0.168 км^3. В ходе вегетации водохранилище работало достаточно стабильно без значительных отклонений от согласованного графика, но выпускало значительно меньше поступавшего к нему притока, сумев аккумулировать к концу маловодной вегетации 10.4 км^3, что идентично показателям 1992 года, одной из самых многоводной вегетации за историю работы МКВК. В этом году также не были использованы возможности Нурекского водохранилища как многолетнего регулятора, когда в особо маловодные периоды могла бы происходить частичная сработка запасов воды.

За вегетацию 2001 года состоялось 11 совещаний комиссии по разработке режима работы Туямуюнского гидроузла в условиях маловодья, на основании решений которых проводилось вододеление в низовье реки. Из-за низкой приточности к Туямуюнскому гидроузлу и отсутствия регулирующих объёмов воды в водохранилищах, вододеление в низовьях реки проводилось пропорционально притоку к Туямуюнскому гидроузлу согласно среднемноголетней доли водопотребления каждого водопотребителя.

БВО проводило активную работу с водохозяйственными ведомствами Туркменистана и Узбекистана по возможному сокращению водозаборов в среднем течении реки в целях прогона воды в низовья реки. Совместно с водохозяйственными ведомствами Туркменистана и Узбекистан были созданы контрольно оперативные группы по участкам реки для контроля за соблюдением водозаборов. К нарушителям водной дисциплины принимались различные меры наказания (предупреждения, штрафы, снятия с занимаемых должностей). Такой усиленный контроль водозаборов также дал определённый эффект по наведению водной дисциплины и прогона воды как к Туямуюнскому гидроузлу, так и к Тахиаташскому гидроузлу, замыкающему створу на реке Амударья. В течение всего сезона проводились совместные замеры на ключевых гидропостах в среднем и нижнем течение совместно с представителями гидрометслужб Туркменистана и Узбекистана

[22] «Анализ маловодья 2000 года и меры на 2001 год по бассейну реки Амударья». Материал к 28-му заседанию МКВК (21-22 декабря 2000 г., Ашхабад). Бюллетень МКВК №26 от апреля 2001, с. 40-41.

Тем не менее, избежать диспропорции в водопотреблении между средним и нижнем течениях реки снова не удалось. В катастрофическом положении оказались хозяйства северной зоны Республики Каракалпакстан, где обеспеченность водой составила всего – 27.3 %,[23] а также дельта Арала, куда воды практически не поступило.

На 31-м заседании МКВК 23 ноября 2001 года были подведены итоги маловодья:

«… считать необходимым продолжить совершенствование управлением водой и водораспределением, обратив особое внимание на:

- *недопущение нарушения лимитов, установленных МКВК и контролируемых БВО;*
- *повысить точность замеров воды как на постах гидрометслужбы, так и на головных водозаборах;*

Поручить БВО «Амударья», НИЦ МКВК усилить работы по:

- *привлечению доноров к внедрению системы СКАДА на головных сооружениях, в первую очередь ниже Туямуюна;*
- *моделированию распределения воды таким образом, чтобы обеспечить равномерность раздачи воды водохозяйственным зонам;*
- *продолжить работы по уточнению потерь в низовьях Амударьи».*[24]

Вегетация 2008 года оказалась самой маловодной за 25-летнюю историю деятельности МКВК. В соответствии с прогнозом Гидромета на апрель 2008 года о предполагаемой водности в пределах 80-85% БВО «Амударья» предложило на рассмотрение МКВК уменьшить лимиты водозаборов на 20% , которое было принято членами МКВК наполовину.

В вегетацию 2008 года разница между естественной бытовой приточностью к водохранилищу и вегетационными попусками составила 3.5 км^3, что ниже показателей 2000 (4.6 км^3) и 2001 (4.5 км^3) годов. В течение вегетации Нурекское водохранилище работало достаточно стабильно, обеспечивая расходы воды выше плановых, в частности в мае и первой декаде апреля, а также в пиковые месяцы вегетации - июль и август. В результате в водохранилище к концу вегетации было накоплено 9.6 км^3 воды, при плане 10 км^3 (график 30). Но и в этом году не удалось использовать возможности Нурекского водохранилища как многолетнего регулятора. Между тем данные по водообеспеченности, говорят о том, что общий дефицит воды в бассейне в вегетацию составил 9.8 км^3, что на 2.7 км^3 больше, чем в 2001 году, а водообеспеченность нижнего течения оказалась ниже на 2%.

БВО сталкивается со сложностями в водораспределении не только в вегетационный период. Так, результаты использования лимитов в два самых маловодных межвегетационных периода за последние 25 лет – 2001-2002 (водность 61 % от нормы) и 2008-2009 (53 % от нормы) рисуют сходную картину неравномерности распределения воды, увеличивающую вниз по течению и низкий приоритет удовлетворения потребностей Арала и дельты

---

[23] «О принятых мерах по смягчению последствий маловодья 2001 года». Информация к третьему вопросу повестки дня 31-го заседания МКВК (23 ноября 2001 г., Курган-Тюбе). Бюллетень МКВК №29 от февраля 2002 г., с.31.

[24] Протокол 31-го заседания МКВК (23 ноября 2001 г., Курган-Тюбе).

Таблица 11

Использование лимитов водозаборов по участкам реки и по странам в межвегетацию 2001-2002 г. с водностью 61 % от нормы и 2008-2009г.с водностью 53 %

<table>
<tr><td rowspan="3">Кырг
-</td><td colspan="2">Верхнее течение
90.9</td><td colspan="2">Среднее течение
116.2</td><td colspan="3">Нижнее течение
53.6</td><td rowspan="3">Арал и дельта
18.4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Тадж.
73</td><td rowspan="2">Узб.
68</td><td rowspan="2">Туркм.
97.4</td><td rowspan="2">Узб.
147.2</td><td>Туркм.
47.4</td><td colspan="2">Узб.
44.9</td></tr>
<tr><td>Дашогуз
67</td><td>Каракал.
95.6</td><td>Хорезм
50.5</td></tr>
<tr><td colspan="9">Всего по бассейну вегетационный лимит водозаборов использован на 76 %, при лимите 12.04 км^3, факт составил 11.3 км^3.
Таким образом, дефицит воды в бассейне составил – 0.74 км^3.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Кырг
-</td><td colspan="2">Верхнее течение
72.4</td><td colspan="2">Среднее течение
81.3</td><td colspan="3">Нижнее течение
68.2</td><td rowspan="3">Арал и дельта
6.9</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Тадж.
73</td><td rowspan="2">Узб.
68</td><td rowspan="2">Туркм.
68.9</td><td rowspan="2">Узб.
100.6</td><td>Туркм.
47.6</td><td colspan="2">Узб.
44.5</td></tr>
<tr><td>Дашогуз
66.9</td><td>Каракал.
74.4</td><td>Хорезм
62.2</td></tr>
<tr><td colspan="9">Всего по бассейну вегетационный лимит водозаборов использован на 76 %, при лимите 15.7 км^3, факт составил 11.9 км^3.
Таким образом, дефицит воды в бассейне составил – 3.8 км^3.</td></tr>
</table>

Анализ работы МКВК в многоводные и маловодные годы показывает явные проблемы с равномерностью и стабильностью водообеспечения. Имеются случаи диспропорции в сокращении водозабора государств. При водности р. Амударьи выше расчетной не всегда удается соблюсти требование об аккумулировании излишков в водохранилищах, что происходит из-за отсутствия многолетнего регулирования. При водности р. Амударьи ниже расчетной также не всегда удается обеспечить пропорционального сокращения водозабора республик. Особо следует отметить неравномерность водообеспеченность по длине реки, когда основная тяжесть маловодья приходится на низовья. В три рассматриваемых маловодных года в особо критическом положении оказались низовья Амударьи, где обеспеченность водой против утвержденных лимитов МКВК составила: в Дашогузской области Туркменистана - 45.4% в 2000 г., 59.4% в 2001 г. и 47.6% в 2008 г.; в Хорезмской области Узбекистана - 63.8% в 2000 г., 53.4% в 2001 г. и 52.8% в 2008 г. и в Республике Каракалпакстан - 42.7% в 2000 г., 43.5% в 2001 г. и 40.3% в 2008 г

Одним из факторов такой ситуации может быть тот факт, что действия МКВК и его исполнительных органов в условиях маловодья и многоводья не детализированы и не конкретизированы. Фактически органы МКВК работают только в рамках двух вышеуказанных, предписаний, непосредственно касающихся маловодных ситуаций, которые не охватывают весь перечень проблем, с которым сталкиваются водохозяйственные организации в ходе водораспределения в экстремальных условиях, и не несут в себе конкретики по справедливому урегулированию ситуации. Имеющиеся более общие положения о скоординированных и согласованных действиях и рациональном использовании и управлении водными ресурсами дают только общее направление для пред-

принимаемых мер, но также не могут являться пошаговым руководством к действию, которое требуется в экстремальных ситуациях, которые будут только учащаться в результате изменения климата.

Поэтому в ходе своей деятельности МКВК и его органом приходилось постепенно нарабатывать практику управления бассейна в маловодные периоды, со всеми уроками и ошибками присущими такому процессу. Надо сказать, что были выработаны *определенные реагирующие меры* в ответ на экстремальные условия маловодья, включая оперативную корректировку лимитов и режимов; постоянные заседания комиссии по вододелению между Туркменистаном и Узбекистаном; создание специальных совместных групп контроля за водозаборами; совместные замеры на гидропостах. Но остается *низким уровень подготовленности* МКВК и государств к маловодью, что особенно усложняется низкой достоверностью прогнозов и оценок располагаемых ресурсов, а также отсутствием долговременного (или хотя бы годового) планирования использования водных ресурсов бассейна. Реактивный, а не превентивный характер действий, несет в себе высокие степени риска и указывает на достаточно низкую адаптивную способность системы работать в экстремальных условиях, которые только будут усиливаться в результате изменения климата.

Наличие четких и заранее согласованных правил оперативных действий в экстремальных условиях, подкрепленных мерами воздействия за нарушения, способствовало бы повышению эффективности системы водораспределения. Требуется более гибкая заранее согласованная система водораспределения располагаемых водных ресурсов, которая должна учитывать интересы всех государства и обеспечивать гарантированную подачу воды на экологические и санитарные нужды, Приаралье и Аральского море, которые в маловодные годы остаются без воды. Но важнее всего найти решения для безусловного соблюдения принимаемых решений, что позволит исполнительным органами выполнять свою работу эффективно и без нареканий.

1.4. Технические вопросы управления: учет воды и доступ к информации

Водораспределение должно опираться на достаточно хорошо обоснованные данные о водных ресурсах реки и возможных их изменениях. Как всякая река в аридной зоне, Амударья характеризуется определенным непостоянством как в годовом распределении стока, так и в его формировании. Хотя для реки характерно значительное ледниковое питание, что придает постоянство ее водонасыщенности в летние месяцы, совпадающие с пиком ирригационного потребления, тем не менее, снеговое питание и питание осадками создают достаточно большую неравномерность и неустойчивость стока. В разделе 2 приводится динамика стока Амударьи, показывающая значительные колебания расходов воды даже при определенной устойчивости сезонных различий расходов.

Надежное управление требует, чтобы был организован сбор и хранение как прошлых данных по расходам, стоку, осадкам, таянию снега и ледников, температуры в высокогорье, влажность воздуха и других, так и текущих показателей, которые являются основой для анализа изменения гидрологической и климатической обстановки, так и прогноза всех этих показателей на будущее. К сожалению, несмотря на наличие наблюдений по реке с 1911 г. назвать положение благополучным не представляется воз-

можным. Наличие большого числа гидротехнических узлов на р. Вахш еще более усложняет учет воды и связанные с ним показатели. Гидроэнергетические комплексы работают, в основном, по требованиям энергетических организаций в зависимости от потребления энергии, необходимости регулирования частотой и системой работы. Это создает значительные колебания расходов в период между их замерами, которые обычно проводятся три или четыре раза в сутки, что искажает величины реального стока и одновременно создает большую неустойчивость подачи воды потребителям, особенно в ирригационные системы.

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, принадлежащих различным ведомствам государств.

Таблица 12

Основные гидропосты в створе реки Амударья

Река	Гидропост	Принадлежность
Пяндж	Хирманджоу, Нижний Пяндж.	Таджикгидромет
Вахш	Нурекская ГЭС, Тигровая Балка	Таджикгидромет
Кафирниган	Тартки	Таджикгидромет
Амударья	Термез, Тюямуюн, Ташсака, Беруний, Кипчак, Кызкеткен, Саманбай, Кызылджар, Порлатау	Узбекгидромет
	Келиф, Мукры, Атамырат, Туркменабат, Бирата	Туркменгидромет

Примечание: БВО «Амударья» получает ежедневную информацию с гидропостов Узбекистана и Туркменистана. Информация с гидропостов Таджикгидромета в БВО «Амударья» не передается.

На балансе БВО имеются – 170 гидропостов из них на межгосударственных каналах Упрадика – 96 гидропостов, ВДУ - 16, СДУ - 29, НДУ - 29. Кроме того, гидрогеологомелиоративные экспедиции всех стран фиксируют расходы коллекторов, сбрасывающих воду в р. Амударья.

Для того чтобы добиться более лучших результатов в управлении водными ресурсами даже в существующих рамках, необходимо повысить достоверность и частоту

водоучета, при ее решении должны одновременно рассматриваться определение мер ответственности сторон за достоверность водоучета.

Вторая задача - это техническое оснащение средствами учета воды существующих объектов водоучета желательно круглосуточно фиксирующими логерами.

По оценкам специалистов в последнее десятилетие отмечается серьезное ухудшение единой региональной системы наблюдений и мониторинга водных ресурсов, которые служат основой прогнозов. Вследствие износа технического оборудования, приборов и другой инфраструктуры происходит неуклонное сокращение сети гидрометеорологических станций, постов и объемов наблюдений. Ухудшилось положение со снегомерными наблюдениями в горах, на озерах и водохранилищах остались лишь отдельные посты, не всегда в полном объеме выполняющие свои функции. В результате достаточно крупные территории (бассейны отдельных рек или их групп, склоны хребтов, высотные зоны) оказались не полностью охвачены гидрологическими, метеорологическими и снегомерными наблюдениями.

Повышение качества гидрометрической информации в первую очередь связано с восстановлением (ремонтом) гидропостов, гидростворов, оснащением их оборудованием, средствами измерения.

Как видно даже из краткого описания состояния гидрометрических постов межгосударственное взаимодействие в обмене и представлении информации нарушается отдельными его участниками. Организация регионального центра гидрометеорологии в рамках проекта Всемирного Банка не решило эту проблему, так же как и соответствующее соглашение между гидрометслужбами пяти стран. Положение еще усугубляется наличием крупных гидросооружений (гидроузлы на реке и бесплотинные водозаборы), которые еще более усиливают нестыковку расходов и невязку в величинах расходов «сверху вниз» и «снизу вверх». Характерным показателем нарушения правил учета воды в последние годы является изменение потерь стока и суммарная невязка по участкам р. Амударья за весь период наблюдений, включая период до 1990 г. и после 1991 г.

Сопоставление двух периодов – средние потери в русле Амударьи до 1990 г. и после 1991 г. показывает, что среднемноголетние величины потерь увеличились с 7,0 до 9,2 км^3 в год или почти в 2 раза. Особое внимание должно быть уделено учету добегания стока и трансформации стока по ходу реки в результате попусков из водохранилища до створа основных водозаборов каналов.

В настоящее время, оценку и учет фактической водности по бассейну реки Амударьи принято рассчитывать по приведенному стоку в условном створе «Атамырат», выше Гарагумского канала (ГГК). На этом участке сток в створе «Атамырат» равен измеренному стоку в самом створе «Атамырат» плюс водозаборы в Каршинский канал, Гарагумский канал, и водозаборы выше ГГК до границы с Сурхандарьинской областью. По Сурхандарьинской области сток суммируется по всем водозаборам, включая насосную станцию Аму-Занг. Общий расход воды по Амударье учитывает, кроме того наполнение или сработку Нурекского водохранилища. Атамырат - это очень важный гидрометрический пост на реке Амударье, где учет водности и прогноз ведется Узглавгидрометом еще с 1974 года. Такой сложный и приблизительный подсчет стока реки Амударьи ведет к нестыковке данных по потерям и расходам.

В связи с этим назрела необходимость пересмотра руслового баланса и уточнения потерь, включая оценку заиления и реальных регулирующих возможностей водохранилищ бассейна реки Амударья.

Достижение договоренностей между странами региона относительно оценки потерь, принципов и порядка водораспределения в условиях изменения климата (глубокое маловодье, катастрофический паводок), а также мер по оптимизации режима работы водохранилищ бассейна для удовлетворения потребностей водой всех отраслей с учетом экологических интересов представляется на сегодня наиболее актуальной задачей.

Совершенствование системы управления водными ресурсами на бассейновом и национальном уровнях требует оснащения соответствующих организаций и служб необходимыми средствами и инструментами эффективного мониторинга, управления и предупреждения негативных последствий изменения климата (мониторинг, информационные системы, модели), а также распространения существующего положительного опыта ИУВР.

Система ИУВР, которая основывается на банке полных и надежных данных, приведет к устойчивому использованию имеющихся водных ресурсов, водосбережению и снижению потерь воды. Она также приведет к долгосрочному восстановлению истощенных ресурсов и возрождению рек и экосистем, при этом используя большую часть доступных ресурсов, устраняя необходимость в лишних инвестициях. Более того, это улучшит общее руководство водным сектором, подразумевая политические компромиссы, подотчетность, эффективное развитие потенциала, общественные кампании и уважение прав заинтересованных сторон для участия в процессе принятия решений, при этом включая систему мониторинга на региональном уровне. С этой точки зрения развитие региональных информационных систем водного сектора, включающие банки данных, системы мониторинга и раннего оповещения в сочетании с надлежащими мероприятиями по управлению, считается первым шагом в региональном сотрудничестве, обеспечивающим важный механизм укрепления доверия, а также основу для упорядоченного обмена информацией.

Управление совместно используемыми ресурсами может быть упрощено в значительной степени, если все стороны будут использовать единые методы сбора и анализа требуемых данных, своевременно их представлять друг другу и иметь доступ к этим данным для поддержки планирования использования водных ресурсов в регионе.

Важно, чтобы страны могли обмениваться особенно гидрометеорологическими данными, необходимыми для управления. Гидрометеорологические данные и информация должна собираться на регулярной основе и их усовершенствование должно идти по линии создания систем SCADA, постоянно фиксирующих изменение уровня воды и соответственно расходов рек.

Существующая ныне практика трех-четырех суточных замеров расхода головных водозаборов с учетом наличия многоголовных сооружений не позволяет обеспечить достаточную потребность в определении попусков в каналы, что является главной причиной наличия больших неувязок в речном балансе. Внедрение системы SCADA с постоянно фиксацией изменения расхода и уровня воды в реке и в каналах позволяет резко увеличить точность учета воды, как показал опыт внедрения этих систем на р. Сырдарья. К сожалению, проект внедрения SCADA на р. Амударья стоимостью 28 млн. долл. США на протяжении почти десятка лет не может найти источника финансирования, ни от доноров, ни от национальных бюджетов. Имеется полная уверенность в том, что это мероприятие позволило бы вовлечь в учет не менее 4 км^3 воды в год, ныне числящихся в потерях и неувязках стока. Более того, включение данных системы SCADA в общедоступный комплекс on-line коммуникации между пунктами замера воды, БВО и его управлениями, а также национальными Министерствами и территориальными бас-

сейновыми организациями повысило бы доверие и создало прозрачность во всей информационной системе бассейна.

1.5. Процедуры и механизмы реагирования на изменяющиеся условия и потребности

1.5.1. Порядок корректировки лимитов водозаборов и режима работы водохранилищ

Статья 8 Алматинского соглашения 1992 года уполномочивает МКВК корректировать лимиты водозаборов и режимы работы водохранилищ в зависимости от фактической водности и складывающейся водохозяйственной обстановки. Первичные параметры корректировки для лет различной водности были предусмотрены в Протоколе № 566, где указывалось, что «При водности р. Амударьи выше расчетной все излишки воды, сверх указанных объемов водозабора, должны в первую очередь аккумулироваться в водохранилищах, а при очень высокой водности часть излишней воды должна подаваться в низовья реки для улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки в районах Приаралья. При водности ниже расчетной водозабор республик подлежит пропорциональному сокращению» (пункт 7 Протокола № 566 от 1987 г.). Как было рассмотрено выше, определенные дополнения к данным условиям были внесены в годы независимости, когда стало больше внимания уделяться экологическим условиям в бассейне.

Исходя из прогнозной и складывающейся водохозяйственной обстановки в регионе на заседаниях МКВК принимаются следующие варианты водораспределения:

1. В период нормальной водообеспеченности и наличия запасов воды в водохранилищах, вододеление проводиться согласно утвержденных без сокращения лимитов водозаборов.
2. В периоды маловодья устанавливаются сокращенные лимиты водозаборов.

В своей работе БВО базируется на следующих критериях по межгосударственному использованию установленных лимитов водозаборов:

- при водности ниже расчетной, водозаборы государств подлежат корректировке, согласно решения МКВК;
- установлен предел переборов лимитов водозаборов не более 10% за отдельные периоды;
- основанием введения БВО «Амударья» процентного вододеления водных ресурсов между водопотребителями является создавшийся дефицит водных ресурсов в бассейне реки в определенный период времени;
- основанием установления доли водозабора процентного вододеления, являются утвержденные МКВК лимиты водозаборов на весь период в разрезе основных водопотребителей.

Реализация утвержденных МКВК лимитов водозабора, плана-графика работы водохранилищ и подачи воды в Приаралье осуществляется БВО. При отклонении в ходе реализации решений МКВК фактической водности от прогнозируемой или измене-

ний водохозяйственной обстановки, возникновении экстремальных ситуаций, БВО осуществляет корректировку плановых показателей и направляет откорректированные лимиты водозаборов и режимы работы водохранилищ членам МКВК на согласование. Учитывая, что БВО приходится работать в условиях постоянных отклонений фактической водообеспеченности и водохозяйственной обстановки от прогнозируемой, а ожидание утверждения корректировок со стороны МКВК существенно снижает оперативность реагирования на такие зачастую внезапно возникающие ситуации, на 16-м заседании МКВК 22 апреля 1997 в г. Душанбе, БВО было разрешено корректировать лимиты водозаборов и режим работы водохранилищ в пределах ±10 от плановых показателей без предварительного согласования с членами МКВК:

> При изменении водохозяйственной ситуации или фактической водности в бассейнах рек региона разрешить БВО «Амударья» и БВО «Сырдарья» корректировать лимиты водозаборов и режим работы каскадов при условии, если указанные изменения находятся в пределах 10% от общего объема располагаемых водных ресурсов, в тех случаях, когда отклонения превышают 10% - БВО должны немедленно внести на рассмотрение внеочередного заседания МКВК свои предложения о корректировке лимитов.[25]

По мере дальнейшей работы МКВК в условия корректировки лимитов вносились дополнения и уточнения. Так, на 24-м заседании МКВК 23 октября1999 года в г. Кзыл-Орде было решено:

> Установить, что бассейновые водохозяйственные объединения с учетом водности водоисточников могут корректировать лимиты водозаборов в пределах до 10 процентов в случае необходимости *той или другой стороне в связи со стихийными или другими экстремальными обстановками с последующей оперативной информацией сторон*.[26]

На своем 22-м заседании МКВК поручило БВО «Амударья» «В случае уменьшения ожидаемой водности в бассейне реки уменьшить лимиты водозаборов по бассейну на 10%, *кроме Кыргызской Республики*».[27]

Как правило, *корректировка лимитов и режимов водозаборов происходит внутри отдельных сезонов, межвегетации или вегетации*. К примеру, докладывая итоги межвегетационного периода 1998-1999 водохозяйственного года, БВО «Амударья» сообщило:

> Сложившаяся благоприятная водохозяйственная обстановка в бассейне реки Амударья позволила изменить установленный на первые четыре месяца межвегетации режим водозаборов, режим работы ТМГУ [Туямуюнского гидроузла]. Особенно это коснулось водозаборов низовий реки, в результате таких согласованных действий были допущены … относительно условные переборы. […] В целях эффективного использования водных ресурсов, государства водопотребители допустившие изменения в режимах водозаборах, должны провести соответствующие корректировки лимитов водозаборов на оставшиеся два месяца

[25] Протокол 16-го заседания МКВК (22 апреля 1997 г., Душанбе).

[26] Протокол 24-го заседания МКВК (23 октября 1999 г., Кзыл-Орда).

[27] Протокол 22-го заседания МКВК (12-13 февраля 1999 г., Самарканд).

межвегетационного периода, не выходя в целом за пределы утвержденных квот водопотребления по каждому государству.[28]

Данные коррективы в режимы работы водозаборов и каскада водохранилищ в ходе межвегетации были вызваны теплыми погодными условиями и высокой водностью, которые позволили сдвинуть сроки проведения промывных и влагозарядковых поливов. БВО «Амударья» производило данные корректировки по согласованию с государствами, а окончательная корректировка лимитов водозаборов была проведена по итогам межвегетации, которая была представлена на рассмотрение и согласование МКВК.[29] Оценив ситуацию, МКВК поручило БВО «Амударья» при проведении контроля над осуществлением водозаборов не допускать корректировки лимитов в отдельные периоды на величину более 10% в пределах лимитов.[30]

Все корректировки осуществляются БВО в пределах годовых лимитов. Исходя из практики МКВК, допускается *использование сэкономленной доли лимита в другой сезон (или погашение сверх использованного лимита) в пределах общего лимита на водохозяйственный год.* Так, на практике работы МКВК были случаи когда, исходя из фактически складывающейся водохозяйственной ситуации, государствам разрешалось использовать сэкономленную часть лимитов межвегетации в вегетационный период. К примеру, на своем совместном заседании в г. Худжанде 8 июня 1994 года члены МКВК и Исполкома Межгосударственного Совета, рассмотрев режимы работы рек Сырдарья и Амударья с учетом уточненной водности на 1994 г. решили:

1. Межвегетационный период 1993-1994 водохозяйственного года в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи характеризовался значительными осадками, и как следствие, сокращением потребности в воде на промывные и влагозарядковые поливы.

Учитывая сложившуюся водохозяйственную обстановку, члены МКВК считают возможным увеличение водозаборов в вегетационный период из рек Сырдарьи и Амударьи в пределах ранее согласованного общего годового лимита.[31]

Другой пример. Из-за неблагоприятных погодных условий в ходе межвегетации 1997-1998 водохозяйственного года все государства бассейна не смогли своевременно использовать свои лимиты водозаборов. Так, по Республике Таджикистан экономия составила 129.3 млн м^3, по Туркменистану 254.6 млн. м^3, а по Республике Узбекистан 544.3 млн м^3. В связи с этим, БВО обратилось к членам МКВК с просьбой «разрешить (при необходимости) водопотребителям использовать в определенные периоды вегетации, сэкономленные ими объемы лимитов в межвегетационный период».[32] По ин-

---

[28] «Рассмотрение и утверждение режима работы каскадов водохранилищ и лимитов водозаборов в бассейне реки Амударьи на 1999 водохозяйственный год». Информация по первому вопросу повестки дня 22-го заседания МКВК (12-13 февраля 1999 г., Самарканд). Бюллетень МКВК №20, июнь 1999 г, с. 10.

[29] «Итоги межвегетационного периода 1998-1999 водохозяйственного года и уточнение режимов работы каскада водохранилищ и лимитов водозаборов в бассейне реки Амударьи на вегетацию 1999 года». Информация к 23-му заседанию МКВК (11-12 июня 1999 г., Дашогуз). Бюллетень МКВК №21, октябрь 1999г, с. 25.

[30] Протокол 23-го заседания МКВК (11-12 июня 1999 г., Дашогуз).

[31] Протокол совместного заседания Исполкома МГСА и МКВК (8 июня 1994 г., Худжанд). Бюллетень МКВК №5, 1994 г, с. 4.

[32] «Итоги межвегетационного периода 1997-1998 водохозяйственного года и уточнение режимов работы каскадов водохранилищ и лимитов водозаборов в бассейне реки Амударья на вегетацию 1998 года». Информация по первому вопросу повестки дня 19-го заседания МКВК (15 мая 1998 г., Шымкент). Бюллетень МКВК №17, август 1998 г, с. 13.

формации, доложенной БВО на следующем заседании, члены МКВК положительно решили данный вопрос и «было принято совместное с членами МКВК решение, разрешить каждому государству использовать по необходимости *сэкономленные* за межвегетацию объемы лимитов в вегетационный период. Однако при этом они обещали уложиться в утвержденные объемы лимитов водозаборов на водохозяйственный год».[33]

Были также случаи погашения сверх использованного лимита за межвегетацию в вегетационный период. Например, в период межвегетации 1994-1995 года был разрешен перебор водозабора в размере 0.10 км^3 со стороны Туркменистана по просьбе Минводхоза в счет лимита на вегетационный период 1995 года (лимит 6.80 км^3, факт 6.90 км^3).[34]

В материалах БВО к заседаниям МКВК неравномерность водоподачи, возникающая в результате таких переброс, обозначена как «согласованная неравномерность». К примеру, в материалах к 54-му заседания МКВК, проходившему 14-15 января 2010 года отмечалось:

> «Хорошие погодные условия в Амударьинском бассейне, наличия водных ресурсов, высокая готовность орошаемых земель к проведению промывных поливов, внесли соответствующие коррективы по использованию установленных лимитов водозаборов в среднем и нижнем течения реки Амударьи и позволили ряду водопотребителям начать промывные поливы с опережением установленных сроков промывных поливов, без ущемления интересов других водопотребителей. Поэтому как, показывает фактическое использование лимитов водозаборов в разрезе государств и водопотребителей Амударьинского бассейна за три месяца текущей вегетации допущена согласованная неравномерность водопотребления между ними».[35]

1.5.2. Гарантированность лимита водозабора и неурегулированность вопроса его передачи при неполном использовании

Элементом стабильности и определенных гарантий на будущее является то, что в случае неполного использования лимита на протяжении определенного (даже длительного) периода времени, государство-водопотребитель сохраняет за собой право на изначальный объем лимита водозабора *(гарантированный лимит*). К примеру, Таджикистан не использует свой лимит водозабора в полном объеме, но, по сложившейся практики водораспределения в бассейне, его лимит на водохозяйственный год (и в разрезе межвегетации и вегетации) все равно устанавливается в полном объеме, исходя из согласованных процентных долей между странами.

---

[33] «О ходе проведения вегетационных поливов 1998 года и дополнительных мерах по их успешному проведению (БВО «Амударья»)» к 20-му заседанию МКВК (21-22 августа 1998 г., Чолпон-Ата). Бюллетень МКВК №18, октябрь 1998 г, с. 9.

[34] «Итоги использования водных ресурсов бассейна реки Амударья за период межвегетации 1994-95 года». Материалы к 10-му заседанию МКВК (16 февраля 1995 г., Шымкент). Бюллетень МКВК №7, с. 24.

[35] «О лимитах водозаборов государств Центральной Азии, прогнозных режимах работы каскадов водохранилищ и ходе водоподачи в межвегетационный период 2009-2010 гг.» Материалы по 2-му вопросу повестки дня 54-го заседания МКВК (14-15 январь 2010 г., Шымкент). Бюллетень МКВК №53, март 2010, с. 24.

Но данному элементу системы водораспределения в бассейне Амударьи не хватает гибкости и четкости, поскольку *остается открытым вопрос распоряжения долей неиспользованной в пределах выделенного лимита воды.* В действующих договоренностях между странами ЦА нет положений о возможной передаче неиспользованной в пределах лимитов воды другому государству-водопользователю или ее аккумулирования (либо резервирования) для возможного использования в будущем. МКВК лишь частично касалось этого вопроса в своих протоколах, указав на направление неиспользованной воды в Аральское море. Так, на 55-м заседание МКВК 3 апреля 2010 год в г. Ашгабате было принято решение:

> 3. Поручить БВО «Амударья» не допустить перебор лимитов по странам, неиспользованный лимит стран при нормальной водности реки Амударьи направить в Аральское море.

Вместе с тем, в итоговых документах, проведенной оценки предлагаемого проекта Рогунской ГЭС, отмечается о планах Таджикистана по будущему использованию своих лимитов воды, неотведенных из водных источников в прошлом:

> Таджикистан не использовал полную долю распределения воды, выделенную МКВК, но объявил, что в будущем намерен сделать это, что приведёт к сокращению стока в низовье по сравнению с текущей моделью. Если Рогунская плотина будет построена, Таджикистан указал, что будет использовать разницу между его выделенной долей и её фактическим использованием на сегодняшний день (в среднем 1,2 км^3 ежегодно в течение 2005-2011 гг.), для заполнения водохранилища, а затем для ирригации.[36]

Поскольку в действующих соглашениях непосредственно не предусмотрено такой возможности, но имеются положения, требующие от стран осуществлять согласованные действия и не допускать на своей территории действий, затрагивающих интересы других сторон и способных «привести к изменению согласованных величин расходов воды» (Статья 3 Алматинского соглашения), то, по всей видимости, данный вопрос потребует от Таджикистана дополнительных согласований с прибрежными странами.

1.5.3. Работа комиссии по вододелению между Туркменистаном и Узбекистаном

Как показывает практика, наиболее острые проблемы с водообеспеченностью и управлением водными ресурсами Амударьи происходят в низовье реки. Туркменистан и Узбекистан – две страны бассейна, расположенные в нижнем течении Амударьи – практически с самого начала работы МКВК стали прилагать усилия для скоординированного решения проблем низовьев. Еще в 1995 году в сложной водохозяйственной обстановке, сложившейся в апреле месяце и в преддверии ожидаемого маловодия, по инициативе водохозяйственных организаций Узбекистана и Туркменистана на уровне первых заместителей министров в БВО «Амударья» было проведено техническое совеща-

[36] Всемирный банк (2014). Ключевые вопросы для дальнейшего рассмотрения предлагаемого проекта Рогунской ГЭС, стр 17. Онлайн: www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/eca/central-asia/World%20Bank%20Note%20-%20Key%20Issues%20for%20Consideration%20on%20Proposed%20Rogun%20Hydropower%20Project_rus.pdf

ние по вопросам вододеления и режима работы Туямуюнского водохранилища. На этом совещании была достигнута договоренность о том, что в условиях маловодья и с учетом складывающейся обстановки такие совещания проводить регулярно,[37] что в последующем неукоснительно выполнялось.

26 мая 2007 года руководители водного хозяйства Туркменистана и Республики Узбекистан встретились в Ургенче и подписали межведомственное соглашение «О совместном использовании водных ресурсов Туркменистаном и Республикой Узбекистан в низовьях реки Амударьи», исходя из необходимости оптимального управления стоком реки и оперативного решения вопросов распределения воды в нижнем течении реки Амударьи. Было принято решение проводить технические совещания представителей Туркменистана (П/О «Дашогузсувхожалык») и Республики Узбекистан («НАБУ-ИС»,) в присутствии руководителя БВО «Амударья» по вопросу распределения располагаемых водных ресурсов в низовьях реки каждые 15 дней (пункт 2). По результатам данных совещаний принимается протокольное решение, которое является «основой водораспределения в низовьях реки, после его согласования с Минводхозом Туркменистана и Минсельводхозом Республики Узбекистан в течение суток и принимается БВО «Амударья» к неукоснительному его исполнению, для чего в нижней части протокола ставится подпись руководителя БВО «Амударья». Оценку степени выполнения каждого протокольного решения вносится БВО «Амударья» на очередные заседания МКВК» (п. 5). В данном соглашении также были детализированы технические вопросы управления, касающиеся места проведения совещаний (п.8), содержания протоколов (п. 3) и порядок их направления сторонам и исполнителям (п. 7), расчет величин потерь воды (п. 4), порядок проведения совместных замеров на гидропостах и по каналам (п.10), а также порядок проведения совместного наблюдения за уровнями и расходами на отдельных гидропостах и каналах (п.11). Стороны также договорились «моментально реагировать» на обращение друг друга и совместно вырабатывать оперативное решение для возникающие проблемы (п. 14).

Таким образом, водораспределение в низовье реки Амударья, включая режим работы Туямуюнского водохранилища, устанавливается каждые 15 дней комиссией по вододелению, оформляется протоколом и согласовывается с водохозяйственными ведомствами Туркменистана и Узбекистана. Данное вододеление происходит в пределах установленных МКВК лимитов и устраивает обе страны низовьев.

1.5.4. Порядок изменения или пересмотра существующей системы вододеления

В региональных соглашениях не содержится положений, касающихся процедуры внесения изменений в действующую структуру и принципы вододеления либо предусматривающих условия, при которых такие изменения могут быть внесены или инициированы. Основными целями Алматинского соглашения, заключенного сразу после обретения независимости, было, во-первых, обеспечение преемственности и стабильности управления водными ресурсами региона, а во-вторых, обеспечение согласованности будущих действий. Преемственность была обеспечена путем общего согласия уважать

[37] «Итоги использования водных ресурсов бассейна реки Амударьи за период межвегетации 1994-1995гг.» К 10-му заседанию МКВК (16 февраля 1995 г., Шымкент). Бюллетень МКВК №7, 1995 г., с. 22.

советскую схему водораспределения. Для обеспечения стабильности управления в соглашение были включены положения, обязывающие обеспечить «строгое соблюдение согласованного порядка и установленных правил использования и охраны водных ресурсов» (Статья 2), а также «не допускать на своей территории действий затрагивающих интересы других сторон и способных нанести им ущерб, привести к изменению согласованных величин расходов воды и загрязнению водоисточников» (Статья 3). Однако, в силу изменившихся приоритетов и потребностей стран верхнего водосбора, не удалось обеспечить соблюдения данных положений, сформулированных в достаточно категоричной форме. Таким образом, элементы соглашения, внесенные с целью обеспечения стабильности, на практике имели обратное действие и привели к нестабильности и непредсказуемости работы всей системы.

Для обеспечения «согласованного и организованного решения вопросов совместного управления» была создана МКВК, а также предусмотрено, что «Соглашение может быть изменено или дополнено только совместным рассмотрением всех договаривающихся сторон» (статья 14). Основные проблемы несогласованности в трансграничном управлении водными ресурсами в годы независимости связаны с работой энергетических комплексов стран верхнего водосбора – вопрос, выходящий за рамки компетенции МКВК, в которую входят руководители только водохозяйственных организаций.

Касательного совместного рассмотрения, в Алматинском соглашении нет детализации его процедуры, но однозначным остается требование согласованности действий. Другими словами, изменение критериев и принципов вододеления, включая режим работы водохранилищ, должно происходить согласованно, и Стороны сами должны договориться о процедурах таких согласований.

Несмотря на отсутствие четких процедур по инициированию и проведению согласования и внесения изменений в существующую систему водораспределения, государства прилагают усилия для нахождения взаимоприемлемых решений по актуальным вопросам управления водными ресурсами, включая вопросы вододеления. К примеру, в «Программе конкретных действий по улучшению экологической обстановки в бассейне Аральского моря» (ПБАМ-1) в качестве отдельной позиции предусматривалось «Выработать общую стратегию вододеления, рационального водопользования и охраны водных ресурсов в бассейне Аральского моря». В качестве подготовительного этапа к этой работе были выработаны «Основные положения региональной водной стратегии в бассейне Аральского моря» (1997),[38] в которых были согласованные следующие позиции:

Стороны признают:

- единое понимание трансграничных водных ресурсов региона как предмета совместного учета, управления, контроля и охраны странами бассейна в интересах удовлетворения общих требований и требований природы;
- Приаралье и Арал в качестве самостоятельного водопотребителя, потребности которого учитываются при распределении водных ресурсов;
- лимитированное использование и отбор трансграничных вод по количеству как основной метод вододеления между государствами с учетом потребностей природы;

[38] Финансирование подготовительного этапа этих работ осуществлялось за счет гранта Всемирного банка (ГЭФ) и Европейского сообщества по программе «ВАРМАП».

- суверенное право каждого государства на использование местных вод и своей доли трансграничных вод в пределах согласованного лимита и пропорции по своему усмотрению;
- необходимость лимитирования сбросов коллекторно-дренажных вод и других неочищенных стоков с целью управления водно-солевым балансом рек и других водных источников и поддержания их экологического благополучия»[39]

1.6. Основные выводы: Достижения и задачи на будущее

Сложность управления водохозяйственным комплексом Амударьи обуславливается тем, что управление объекта расположено на больших территориях четырех суверенных государств Центральной Азии и в большом удалении друг от друга объектов управления. Особенности водохозяйственного комплекса, как объекта управления, могут быть сформулированы следующим образом:

- большое количество и пространственное рассредоточение органов управления и источников информации – БВО обеспечивает 3,3 млн. га орошения;
- вероятностный характер гидрологической информации,
- противоречивость требований участников водохозяйственного комплекса в режимах управления.

Система управления и планирования работы, созданная для бассейна реки на основе МКВК и ее органов (прежде всего БВО Амударья), **представляет собой уникальную сеть** региональных и национальных организаций, которая не только планирует вместе и обменивается информацией, но и очень тесно взаимодействует между собой в практической деятельности, нацеленной на долговременное сотрудничество по использованию и развитию водных ресурсов бассейна.

В бассейне наработана определенная практика и порядок управления через БВО «Амударья» и его территориальные подразделения. Имеется подготовленный опытный штат, хорошо ориентирующийся в местных условиях и в местных взаимоотношениях, имеются **согласованные правовые механизмы и совместные органы с достаточно широкими полномочиями по водораспределению** – однозначный плюс, позволивший созданной в советское время системе бесконфликтно трансформироваться и адаптироваться – в той или иной степени - к новым условиям независимого развития. Механизм водораспределения МКВК не идеален, но он обеспечивает водой государства ЦА последние 25 лет, по мере возможности адаптируясь к изменяющимся условиям, в частности путем оперативной корректировки вододеления в соответствии с «фактической водохозяйственной обстановкой». Созданные институты показали определенную степень устойчивости, продолжая функционировать вопреки всем техническим, финансовым, правовым и административным барьерам для эффективного функционирования. В региональные соглашения было заложено требование согласованности, что является показателем гибкости и предохранителем от односторонних действий.

[39] Основные положения региональной водной стратегии в бассейне Аральского моря (1997), с. 33.

Анализ показывает, что система управления и водораспределения в бассейне реки Амударья создавалась **в достаточно адаптивной форме**, сочетающей в себе элементы гибкости и определённости. Имеющиеся элементы гибкости являются положительным с точки зрения адаптации к изменению климата, тогда как элементы жесткости и конкретики, при прочих равных условиях, позволяют обеспечить предсказуемость регулирования.

Гибкость и конкретность установленных лимитов. Поскольку сток реки Амударьи распределен между странами в процентах и предусмотрена возможность его пропорционального сокращения в зависимости от водообеспеченности, водораспределение по реке Амударья обладает как гибкостью (проценты), так и конкретикой (фактическая водность). Такое распределение, в принципе, предоставляет определенные гарантии водообеспеченности для каждой страны и позволяет учитывать изменение гидрологических условий при распределении воды.

Фиксированный приоритет и неопределенность условий для пересмотра. Вместе с тем, приоритет, заложенный в основу установленных лимитов водозаборов стран и режима стока, является фиксированным (орошение), а механизмы его пересмотра, наоборот, чрезмерно гибкими и неопределенными. В действующих нормативно-правовых документах не оговариваются конкретные механизмы и условия для изменения или корректировки критериев и принципов вододеления и режима работы водохранилищ, нет также требований о проведении периодического обзора порядка распределения водных ресурсов. Данное обстоятельство затрудняет принятия оперативных и объективных решений по адаптации и учета изменяющихся потребностей.

Сочетание относительной гибкости и жесткости режима оперативной корректировки. Наделение полномочий БВО по оперативной корректировке лимитов, с четкими ограничениями рамок (10 % и строго в пределах лимитов) и условий (изменение водности и водохозяйственной обстановки, экстремальные ситуации) дозволенного регулирования представляет собой пример сочетания гибкости и определенности в реализации водораспределения по реке Амударья. Вместе с тем, результаты практики БВО говорят о необходимости внедрения большей гибкости и гарантий в существующую систему корректировки, в виде определённых регламентов оперативного управления в различных по водности условиях которые должны обеспечить соблюдение пропорциональности в разрезе участков рек, особо касательно подачи воды в Приаралье и Арал в качестве шестого водопотребителя.

Гарантированный лимит без конкретизации возможности распоряжения им является важным элементом стабильности и гарантий на будущее. Как правило, такого рода гарантии являются важной предпосылкой для осуществления долговременных мероприятий в целях улучшения эффективности водопользования и как результат сокращения водозабора. Но степень адаптивности режима в виде четких гарантий сохранения установленных объемов водозабора даже в случае их неполного использования на протяжении длительного времени, может быть усилена включением положений, предусматривающих возможности приостановления, передачи или временной уступки прав (лимитов) на использование воды.

МКВК **выработала *определенные реактивные меры* в ответ на экстремальные условия**, включая оперативную корректировку лимитов и режимов; постоянные заседания комиссии по вододелению между Туркменистаном и Узбекистаном; создание специальных совместных групп контроля за водозаборами; совместные замеры на гидропостах. Но остается *низким уровень подготовленности* МКВК и государств к экстремальным гидрологическим явлениям, что особенно усложняется низкой достоверно-

стью прогнозов и оценок располагаемых ресурсов, а также отсутствием долговременного (или хотя бы годового) планирования использования водных ресурсов бассейн, что будет усиливаться в результате изменения климата. Для решения данного вопроса требуется создание системы раннего предупреждения экстремальных явлений и разработка четких руководств по выбору стратегий реагирования на ожидаемую засуху или многоводье.

Низкая достоверность прогнозов – основной элемент неопределенности и плохой подготовленности к засухам и паводкам. Анализ достоверности прогнозов водности реки Амударья с 1991 по 2001 годы показал, что прогнозы на вегетацию оправдались в 4 случаях из 10, а межвегетационные не оправдались ни разу![40]

Недостаточная работа МКВК по вопросам перспективного планирования и управления снижает степень «климатоустойчивости» системы водораспределения в целом. Действующая в настоящее время система водораспределения в бассейне реки Амударья имеет существенные недостатки, среди которых отсутствие механизма безусловного соблюдения взаимных обязательств, и не создает гарантий водообеспечения на многолетний период. Взаимодействие в вопросах использования водных ресурсов бассейна строится на решение краткосрочных задач, но не нацелено на сбалансированное использование водных ресурсов в многолетнем плане на основе экосистемного подхода. Учет воды и водосбережение не стали приоритетами сотрудничества, нет четких ограничений в режимах, водоподаче, равномерности распределения и в качестве учета воды. Анализ заседаний МКВК с 1992 по 2016 годы, проведенный научно-организационным отделом НИЦ МКВК, выявил не радужную картину в части работы по перспективным вопросам. Так, если на заседаниях МКВК в среднем за все годы деятельности Комиссии заслушивалось по 8 вопросов, то только один из них касался перспективных вопросов, а на 5 заседаниях с 2011 по 2012 гг. – перспективные вопросы не рассматривались вовсе.

Ответственность за нарушения. Как показал обзор практики водораспределения в бассейне реки Амударья, вопрос соблюдения действующих договоренностей стоит особенно остро. Тем не менее, меры ответственности за нарушение принципов и процедуры вододеления в бассейне Амударья, включая превышение установленного лимита, нарушение режима работы водохранилищ, а также необеспечение подачи на экологические нужды, не прописаны. В статье 12 Алматинского Соглашения оговаривается, что «Стороны согласились в течение 1992 года разработать механизм экономической и иной ответственности за нарушение установленного режима и лимитов использования вод». Но до сих пор таких механизмов разработано не было.

Качество работы БВО «Амударья» определяется **степенью удовлетворения потребностей водопользователей** к водопотребителям текущей работой организации, как по количеству подаваемой воды, так и по качеству. Эта работа складывается из многих составных частей, каждая из которых в какой-то степени формирует возможность выполнения указанных показателей. Как показал опыт работы с персоналом БВО «Амударья», в целом головной офис и территориальные управления обладают **достаточно квалифицированным и опытным персоналом**, который успешно справляется со своими обязанностями. Показателем успешной работы БВО «Амударья» является то, что по сравнению с БВО «Сырдарья», показатель отклонений от намеченных МКВК показателей водообеспеченности значительно ниже.

---

[40] «Анализ маловодья 2000 года и меры на 2001 год по бассейну реки Амударья». Материал к 28-му заседанию МКВК (21-22 декабря 2000 г., Ашхабад). Бюллетень №26, апрель 2001, с.34.

Таблица 13

Среднее значение отклонений фактических водозаборов от планов МКВК за период 2006-2016 гг. (%)

Страна	Вегетация	Невегетация
Бассейн р. Амударьи		
Таджикистан	14,3	25,99
Туркменистан	14,67	5,55
Узбекистан	12,91	3,81
Бассейн р. Сырдарьи		
Казахстан	21,42	12,85
Кыргызстан	21,04	34,7
Таджикистан	20,14	72,5
Узбекистан	12,85	59,9

Тем не менее, как показала дискуссия, организованная во время семинара с стейкхолдерами бассейна в Ургенче 3-4 мая 2017 г., у местного персонала БВО «Амударья» большой интерес к знаниям, а стало быть, к необходимости развивать **повышение квалификации** всех уровней водной иерархии. При этом такое устремление распространяется и на партнеров БВО – местных водохозяйственных организаций Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана. В качестве первоочередных мер по усилению сотрудничества и преодоления имеющихся недостатков на базе внедрения ИУВР необходимо **восстановить постоянную работу Тренингового центра БВО «Амударья»**, организованного в свое время НИЦ МКВК и Университетом МакГилл за счет средств Канадского агентства международного развитию (CIDA). К сожалению, в последние годы обучение проводится очень редко – не чаще одного раза в год с охватом 25-30 человек за счет каких-либо проектов. Нужно специальное бюджетное финансирование для того, чтобы создать в БВО систему повышения квалификации раз в 5 лет для каждого из работников территориальных управлений. Эти обучения было бы желательно проводить совместно с повышением квалификации водных организаций страны, получающих воду от БВО «Амударья».

Нельзя считать достаточным уровень **гидрометрического обслуживания** и особенно уровень оборудования современными автоматизированными системами, который в БВО «Амударья» отличие от БВО «Сырдарья», равен нулю. Подготовлен бюджет и проектная документация на оборудование системой SCADA первоочередных сооружений по бассейну р. Амударья на сумму 8,3 млн. долл. США. Необходимо привлечь доноров или организовать национальное финансирование этих работ, что, бесспорно, позволит снизить в первую очередь, потери воды в русле реки.

Бассейновые советы и участие общественности. Управление бассейна р. Амударья – это пример централизованного управления сверху вниз без общественного

участия. Распространение планов и принципов ИУВР должно разрабатываться на уровне бассейна. Для этого первый шаг должен быть сделан в виде создания Бассейнового совета Амударьи. Он должен включать, с одной стороны, представителей всех подразделений БВО «Амударья», а с другой – всех заинтересованных участников управления – представителей гидроузлов и гидроэнергетики, представителей дельтовых организаций, а также природоохранных ведомств и всех провинций и областей, участвующих в использовании воды. Кроме совета бассейна целесообразно организовать совет суббассейнов (верхнего, среднего и нижнего течения) с участием всех водохозяйственных организаций, кому эти управления подают воду. Как показал опыт внедрения совета водопользователей канала в Ферганской долине, участие представителей стейкхолдеров в управлении магистральными каналами резко повысило возможности равномерного и устойчивого обеспечения водой всех водопотребителей. Создание бассейновых советов с привлечением в их работу представителей всех заинтересованных субъектов является на первых порах значительным средством повышения ответственности водохозяйственных организаций за качество управления и соблюдения согласованных планов подачи воды и режимов попусков., а в последующем активного привлечения их к планированию и стратегическому улучшению системы управления. Это будет способствовать также усилению открытости и достоверности представления информации и водосбережению.

Бассейновые планы. Следующим шагом должно быть участие всех заинтересованных сторон в разработке комплексных планов развития бассейна, основанных на принципах ИУВР, и дальнейшего рассмотрения проблемы норм водопользования в настоящее время, и в будущем с точки зрения рационального использования располагаемых водных ресурсов с применением принципов ИУВР: равноправия, обоснованности и эффективности. Предлагаемое общественное участие в управлении и контроле позволит избежать диктата отдельных участков комплекса в бассейне.

В контексте создания **экономических механизмов управления водой**, было бы целесообразно установить финансирование БВО не непосредственно из бюджета, а как плату за подачу воды пропорционально забираемому объему от всех стран. Такая система существует в Канаде, где ГЭС с одной стороны и ирригационные площади с другой стороны, являются покупателями водных ресурсов, и это способствует развитию платного водопользования по всей Канаде. Очень важно при этом внедрение платы за загрязнение (или за сброс дренажных вод), в результате которого наблюдается повышение минерализации воды выше предельного содержания (2-3 г/л). Это также могло способствовать более активному воздействию на увеличение использования коллекторно-дренажных вод.

Программирование оперативного управления водными ресурсами и **внедрение онлайн системы учета** также является насущной задачей, которая требует минимальных средств для его осуществления, но может помочь в уменьшении оперативных потерь стока из-за уменьшения рассогласования притока-оттока по отдельным участкам реки. При этом должна быть осуществлена увязка работы территориальных управлений по прогнозу стока, учету воды, а также обмену информацией. Соответственно работа каждого территориального управления должна быть увязана взаимными обязательствами с национальными водохозяйственными организациями с целью обеспечения соответствующего прозрачного и обоснованного планирования водоподачи на основе научно-обоснованных нормативов водопользования. Такая возможность может быть реализована в случае утверждения ИК МФСА проекта АБР в сумме 1 млн. долл. США.

Необходима разработка **плана адаптации к изменению климата** с учетом возможного водосбережения и корректировки планов водопользования на основе опубли-

кованных ниже рекомендаций по использованию положительного эффекта от повышения температуры.

Ухудшение устойчивости работы **инфраструктуры**, как вследствие старения, так и недостатка финансовых средств для их ремонта создает опасность для стабильного функционирования всего водохозяйственного комплекса бассейна. Тем не менее, хозяева сооружений – Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан очень ограниченно выделяют средства для ремонта и поддержания сооружения.

Правовая и институциональная база. Межведомственные и межгосударственные интересы секторов гидроэнергетики, ирригации и охраны окружающей среды требуют усиления правовой и институциональной базы сотрудничества, на основе приемлемых для всех государств балансе интересов, между требованиями на воду со стороны гидроэнергетики, ирригации и охраны окружающей среды. Сотрудничество на трансграничном уровне должно осуществляться совместно и отвечать международным принципам, и направлено не только на получение экономических выгод, но и на устранение причин вероятных конфликтов.

Трансграничное сотрудничество. Существующее сотрудничество среди стран региона недостаточно и оно должно развиваться. Невозможно будет удовлетворить потребности растущего населения без сильной политической воли и долгосрочных обязательств работать в направлении истинного трансграничного партнерства. Согласованные усилия, включающие передовые методы управления водой, добавят стимула для сотрудничества и понимания в регионе. Посредством совместного усилия всех прибрежных государств необходимо:

- Усилить контроль за соблюдением режима попусков и точности распределения
- Провести независимую оценку будущего дефицита трансграничных вод региона
- Понять преграды на пути развития устойчивой практики и устранить их

Региональное управление водой потребует согласованных стратегий по устойчивому распределению, сбережению, а также эффективной подготовки **информации и управления** данными. С этой точки зрения региональные информационные системы водного сектора, включающие банки данных, системы мониторинга и раннего оповещения в сочетании с надлежащими мероприятиями по управлению, считается первым шагом в региональном сотрудничестве, обеспечивающим важный механизм укрепления доверия, а также основу для упорядоченного обмена информацией. Важно, чтобы страны могли обмениваться особенно гидрометеорологическими данными, необходимыми для управления. Гидрометеорологические данные и информация должна собираться на регулярной основе и их усовершенствование должно идти по линии создания систем SCADA, постоянно фиксирующих изменение уровня воды и соответственно расходов рек.

Раздел 2. Перспектива развития бассейна реки Амударья до 2050 года

2.1. Принципы управления бассейном реки Амударья на перспективу

Задача управления водными ресурсами сводится к созданию такого режима водотока и его регулирования, при котором будут обеспечиваться потребности всех водопользователей и водопотребителей бассейна за счёт распределения этих ресурсов, при выполнении соответствующих экологических требований. Управление на перспективу должно обладать достаточной гибкостью, чтобы учитывать все изменения, происходящие как на стороне ресурса, с учётом их изменчивости, колебаний и вариаций, а также на стороне требований на воду, отличающихся большей стабильностью, но в тоже время зависящих от колебаний климата.

Под управлением водными ресурсами будем понимать процесс принятия решения и обеспечение реализации решения, разделённый на два этапа: планирования – режим функционирования (которого хотят достигнуть), и реализации плана, обеспечивающего максимальное приближение плана к факту. Применительно к управлению на отдаленную перспективу «план и прогноз» заменяются «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 требованиями к нему, определяемыми как:

- учёт всех источников водных ресурсов в бассейне – местных и трансграничных, равно как и их обязательных затрат, например на поддержание русла реки;
- справедливое и обоснованное распределение располагаемых водных ресурсов между странами и участками реки на основе соблюдения квот, установленных МКВК;
- максимальное приближение реального распределения вод к прогнозу на перспективу и возможность корректировки сценариев управления при отклонении ресурсов и реальной обстановки от прогноза.

Другие трудности определяются сложностью процессов принятия решения (выработки управляющих воздействий) и процессов 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 над водозаборами бассейна реки Амударья. Однако наличие водных ресурсов зависит от режима попусков из водохранилищ Вахшского каскада, который определяется работой ГЭС, нацеленной на выработку электроэнергии. БВО «Амударья» сотрудничает с Узглавгидрометом Республики Узбекистан. Между ними налажен обмен необходимой информацией - БВО ежесуточно получает от Узглавгидромета гидрологические данные по гидропостам реки Амударья, по Нурекскому водо-

хранилищу, прогнозы водности, при необходимости, проводит совместные замеры на гидропостах нижнего течения реки Амударья – г/п Тюямуюн, г/п Кипчак, принадлежащих Республике Узбекистан.

Основные функции БВО «Амударья» - 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,
- 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; при этом, уточненный прогноз в апреле уже не позволяет изменить состав и размещение сельхозкультур и эффективно исправлять режимы вододеления,
- в недоучёт русловых потерь, а на некоторых участках – фильтрационного притока в русло реки, а также «руслового регулирования», то есть накопления воды в русле в паводок и отдача её в межень,
- в согласовании между странами режима работы Нурекского водохранилища в маловодные годы,
- в наличии холостых сбросов на Нурекской ГЭС, которые при надежном прогнозе стока реки Вахш и лучшем управлении ГЭС можно было бы сократить,
- в оценке и прогнозе заиления полезных емкостей водохранилищ

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 и моделирования.

Главная задача Туямуюнского гидроузла (далее - ТМГУ) - 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 ТМГУ заилено на 1,1-1,2 км^3. Объем заиления меняется из года в год, и в периоды промывки уменьшается, то есть суще-

ствует 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 гидроузла и ТМГУ можно компенсировать регулированием стока Амударьи в внутрисистемных водохранилищах, расположенных на магистральных каналах. 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 км^3. Исходя из технического состояния существующего комплекса сооружений 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 за счёт выдерживая рационального режима работы ТМГУ.

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 повышенному водозабору в верхнем и среднем течении, который явился основной причиной непропорционального (лимитам) водообеспечения потребителей по территории. Фактический дефицит в низовьях (Каракалпакстан) в 2000 году составил всего 59 % от лимита.

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 плани-

рования 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 соблюдении экологических ограничений. Сегодня принято, что на трансграничном уровне распределение водных ресурсов между государствами будет основываться на принципе «существующего водопользования» (на основе чего установлены лимиты на водозаборы из трансграничных рек) до тех пор, пока не будет сформулирована, устраивающая все государства, новая 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 учитываются 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.).

2.2. Методология и логическая модель управления водными ресурсами в бассейне реки Амударьи

2.2.1. 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, поддержаны научные и инновационные подходы к выбору стратегических решений, проблем управления, развития, продовольственной безопасности, улучшения экологической устойчивости, предотвращения трансграничных конфликтов.

Теория управления дает методы решения двух основных типов зада. Первый из них – методы решения задач анализа работы системы управления - 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.), - применен при исследованы на периоде 2015-2050 гг.

Основной метод – имитационное моделирование, предполагающее организацию численного эксперимента. Особое значение при имитации уделено разработке решений альтернативных ситуаций, возникающих при занятии разными процессами общего ресурса во времени, пространстве и количестве.

В области управления водными ресурсами бассейна Амударьи системный подход 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».

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 (требо-

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

2.2.2. 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 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, Зеравшан, 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. Трансграничная составляющая ЗП учитывается при оценке речного стока, орошаемых площадей (выделяется трансграничная и местная составляющие), моделировании сети рек и магистральных каналов, имеющих межгосударственное значение.

2.2.3. Сценарии

Оценка развития бассейна Амударьи в проекте PEER 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 PEER выделены: климатические сценарии, ряды естественного стока рек бассейна, сценарии работы Нурекской ГЭС, сценарии развития аграрного сектора и размещения сельскохозяйственных культур.

2.2.4. Выбор климатических сценариев

Подход и данные к построению климатических 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. При оценке воздействия возможных изменений климата на водопотребление сельскохозяйственных культур и водных ресурсов, в проекте PEER были использованы 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.

Адаптация к климатическим изменениям предусматривает разработку мероприятий и определение управляющих воздействий, которые обеспечивают развитие стран и бассейна Амударьи в целом в условиях климатических изменений. Анализ водохозяйственных и энергетических объектов бассейна показывает, что они способны к адаптации (в случае развития ситуации по «мягким» климатическим сценариям).

2.2.5. 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 НИГМИ, 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).

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 альтер-

нативный 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 Wp 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 Wp(W) рассчитывается (восстанавливается) сток реки Пяндж Wp на 2000-2015 гг.

2.2.6. Сценарии водопотребления и размещения с/х культур

Одна из главных задач проекта - исследование сценариев водопотребления отдельных областей (зон планирования) стран бассейна непосредственно связанна 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).

2.2.7. Адаптация ASBmm

Комплекс моделей ASBmm разработан национальными экспертами в кооперации с НИЦ МКВК (проф. В.А.Духовный) и UNESCO IHE Institute for Water Education, Нидерланды (Dr.J. de Schuter, Dr.Maskey). Программный комплекс ASBmm включает: модель распределения водных ресурсов (WAm), модель зоны планирования (PZm), социально-экономическую модель (SEm), пользовательский Web-интерфейс, Базу данных.

ASBmm позволяет исследовать различные сочетания сценариев, начиная от климатических, сценариев стока рек до сценариев регулирования стока рек водохранилищными гидроузлами с ГЭС и сценариев развития отдельных зон планирования (ЗП), определяющих состав с/х культур, тренды водопотребления не ирригационных потребителей, в их сочетании, в увязке ЗП с речной сетью, при заданных экологических ограничениях (попуски вдоль рек, подача воды в водные экосистемы и Аральское море).

В рамках проекта PEER ASBmm адаптирован к новым климатическим сценариям, сценариям социально-экономического развития ЗП, к новым альтернативам работы ГЭС, а также к новым вызовам – к увеличению водозабора Афганистана. Изменен период расчета (2015-2055 гг).

Концепция ASBmm основывается на следующих принципах управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря:

- 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.
- Оптимизация - в пределах установленных правил (ограничений), например, попуски из ГЭС в зимнее время будут определяться 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.
- 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.

Методика научных исследований 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 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. 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.

2.2.8. Логическая модель

Логическую модель управления водными ресурсами бассейна Амударьи можно сформулировать на основе изучения составляющих водохозяйственных систем (далее – ВХС) - участков речной сети, каскадов ГЭС и водохранилищ, зон планирования (водохозяйственных объектов в границах областей стран), водных экосистем, отражающих их реальное «поведение» во всех наиболее важных ситуациях и вызовах, с точки зрения современных водохозяйственных проблем и рисков будущего (демографическая на-

грузка, влияние климата и др.). Построение такого семейства нельзя осуществить только на основе анализа технических характеристик, потребностей и гидрологии ВХС, 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 ВХС 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 исследованы в PEER)
- Усиливает инструменты (модели) управления логикой анализа и правилами функционирования и управления бассейном (вклад PEER в совершенствование существующих инструментов управления водными ресурсами бассейна).

2.2.9. 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 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). В проекте PEER управляемая часть ВХС бассейна – водохозяйственный комплекс (далее - (ВХК). представляет собой совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы; ВХК исследуются в границах отдельных стран и зон планирования (далее – 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 модели ЗП, разработанной в рамках проекта PEER) 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, принятие и реализацию решения.

2.2.10. 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, на основе чего распределение воды подекадно между странами утверждается МКВК без участия национальных энергокомпаний, но передаётся им на утверждение, а реализация плана попусков энергетиками, часто происходит 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 Вахшского каскада ГЭС и пропорциональной урезки водозаборов; при этом режим каскада водохранилищ должен быть согласован с режимами работы водохранилищ ТМГУ и внутрисистемных водохранилищах.

В перспективе могут возникнуть ситуации, обусловленные перерегулированием современного режима этого каскада 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 Токтогульской ГЭС снизятся, а зимние увеличатся, что приведет к еще большему летнему дефициту в Ферганской долине и осложнению паводковой ситуации в осеннее- 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), можно построить аналоги подобных конфликтных ситуаций. Здесь необходимо учесть, что каждое государство для покрытия всех своих потребностей (экология, гидроэнергетика, орошение, питьевое водоснабжение, промышленность) будет стремится получить в свое распоряжение из ограниченного трансграничного ресурса необходимое ему количество воды в заданном объеме, месте, режиме. В тоже время, необходимо найти в спектре интересов государств некоторую общую составляющую (иначе нет смысла вообще решать конфликтную задачу) и оценить ее в региональном (общем) эффекте (доходе). Например, из трансграничного водного ресурса можно 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. Необходимо учесть потребности Афганистана на водозабор из трансграничных рек, исследовать ситуацию с сокращением сброса КДС в реку Амударью и уменьшением ее водности и др.

В схеме распределения регулирующих функций между водохранилищами Вахшско-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 и внутрисистемных водохранилищ, корректируются их режимы.

Поиск рационального режима ТМГУ 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 ТМГУ) 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 четырех территориальных управлений для участия в выработке согласованных режимов управления, оценки резервов в водоподаче и возможности водосбережения, а также для налаживания отношений с национальными поставщиками воды.

2.2.11. Логическое усиление математических моделей

В проекте PEER усиление математической модели управления водными ресурсами Амударьи осуществлено на базе существующего информационно-программного WEB-комплекса ASBmm (www.asbmm.uz). Создана новая модель ЗП, которая интегрирована в ASBmm. Логика модели выражается логическими операторами типа «Если .., то…; иначе – то…». Водный баланс формируется в зависимости от принятой логики использования трансграничных и локальных (местных) источников водных ресурсов. 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 предусмотренное лимитами на водозабор. Рассчитанный по двум вариантам водозабор из трансграничных и локальных источников формирует два варианта водного баланса, включающего возвратный - коллекторно-дренажный сток (далее - КДС), 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 (фильтрационная) 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 логическую модель включены показатели, отражающие: дефициты воды и 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.

2.2.12. 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 регулиро-

ванием стока. Требуют стабильных ежегодных экологических попусков существующие водные экосистемы. Модель ЗП ASBmm в проекте PEER усилена с целью учета данных особенностей на основе ряда принципов, которые рекомендованы (как выходы PEER) в качестве общих ориентиров развития водного сектора стран бассейна до 2050 года. Например, все страны бассейна, добивающиеся консенсуса в управлении водными ресурсами, должны согласится 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.

2.2.13. Принятие решений

При принятии решений может возникнуть конфликт целей, который лицу, принимающему решение (далее – 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 оценок, 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). 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 коэффициента полезных действий (далее – 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 дополни-

тельную «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

2.3. Расчетный инструмент

2.3.1. Комплекс моделей

В рамках PEER разработаны три компьютерные модели:

- Модель зоны планирования;
- Гидроэнергетическая модель;
- Модель оптимизации состава сельскохозяйственных (далее – с/х) культур зоны планирования.

Кроме этого выполнена интеграция модели зоны планирования и модели оптимизации состава с/х культур в информационно-программный комплекс ASBmm. Усовершенствован интерфейс ASBmm, что позволяет пользователю работать на базе сценариев, исследуемых в проекте PEER, оценивая развитие бассейна до 2055 года. Для увязки зон планирования в бассейне к новым требованиям (формат и содержание данных пользователя, период расчетов по сценариям, формат и содержание выходных данных) адаптирована модель реки – Wam ASBmm. Усовершенствована БД ASBmm. Усовершенствованный интерфейс позволяет работать как с отдельными моделями, так и в увязке модели зоны планирования с моделью реки.

В рамках проекта PEER комплекс моделей оттестирован на данных бассейна Амударьи. Ниже приводится описание отдельных моделей и дана характеристика новой (адаптированной к сценариям PEER) версии ASBmm.

2.3.2. Зоны планирования и их моделирование

Речная система малого бассейна Амударьи, являющаяся частью бассейна Аральского моря, имеет свои особенные характеристики и не простую морфологическую структуру, которая отражает весь объем природных и антропогенных преобразований. Бассейн представляет собой одну из самых сложных гидрологических структур в мире, учитывая не только его размер, но также долгую историю преобразований с древних времен до настоящего времени. Бассейн Аральского моря, имея единую древовидную систему тысячи лет до этого. Из большого бассейна Амударьи можно выделить малый бассейн (далее - МБА) – саму реку Амударью и ее составляющие, который и явился объектом исследований в проекте PEER. МБА разделен на три разные части: зону формирования стока, где формируется природный сток реки; зону распределения стока; и низовья, включая дельту реки Амударьи. Схема бассейна Амударьи показана на рисунке 6.

Река Амударья берет свое начало в горных хребтах Афганистана, Кыргызстана и Таджикистана, где ее основные притоки – Вахш и Пяндж – после их сливания дают начало реке. Другими притоками являются Сурхандарья и Кафирниган. Несколько крупных регулирующих водохранилищ расположены вдоль реки и создают регулируемый объем Амударьи со сложной структурой: водохранилище Нурек на реке Вахш и водохранилища ТМГУ в среднем течении Амударьи. Помимо них, есть множество маленьких и среднего размера водохранилищ, которые в основном служат для выработки энергии (каскад водохранилищ на реке Вахш). Особой чертой реки Амударья является то, что регулирующий объем создается также и несколькими водохранилищами на каналах: Зейд и другие на Гарагумдарье (Каракумском канале), Талимарджан на Каршинском канале, Куямазар на Амубухарском канале.

Территория бассейна поделена между гидрографичискими единицами – зонами планирования (ЗП), которые в большинстве совпадают с административными границами областей. Это позволяет более легко получать и оценивать статистические данные (формируемые по административной сети). Некоторые области согласно гидрографическим принципам имеют две ЗП. Зоны планирования (ЗП) – основные объекты водохозяйственного районирования бассейна Амударьи, совпадающие (полностью или частично) с областями стран, увязанные между собой по участкам речной сети, в границах верхнего, среднего и нижнего течения Амударьи, в рамках государств по всему бассейну реки Амударьи. В проекте PEER исследованы и включены в модель зоны планирования 13 ЗП. Все ЗП (включая Афганистан) получают воду из сети основных рек – Вахша, Пянджа, Кафирнигана, Сурхандарьи и Амударьи. Для ЗП Туркменистана, Каршинской ЗП и Навоийской водные ресурсы подаются также по местным источникам (реки Туркменистана, Кашкадарья, Зеравшан).

В модели зоны планирования (PZm) фигурируют объекты, характеризующиеся: набором с/х культур с соответствующими орошаемыми площадями, водными ресурсами (местных и трансграничных рек – Амударья и ее притоки), трендами водопотребления отдельных секторов (питьевое водоснабжение, промышленность и др.), параметрами оросительных систем (КПД), продуктивности (потенциальной урожайности с/х культур), инновационных мероприятий (например, площадями, занятыми под капельное орошение, удельными значениями сокращения норм орошения и роста урожайности инновационных технологий), социально-экономическими параметрами (тренды роста населения, цены на с/х продукцию).

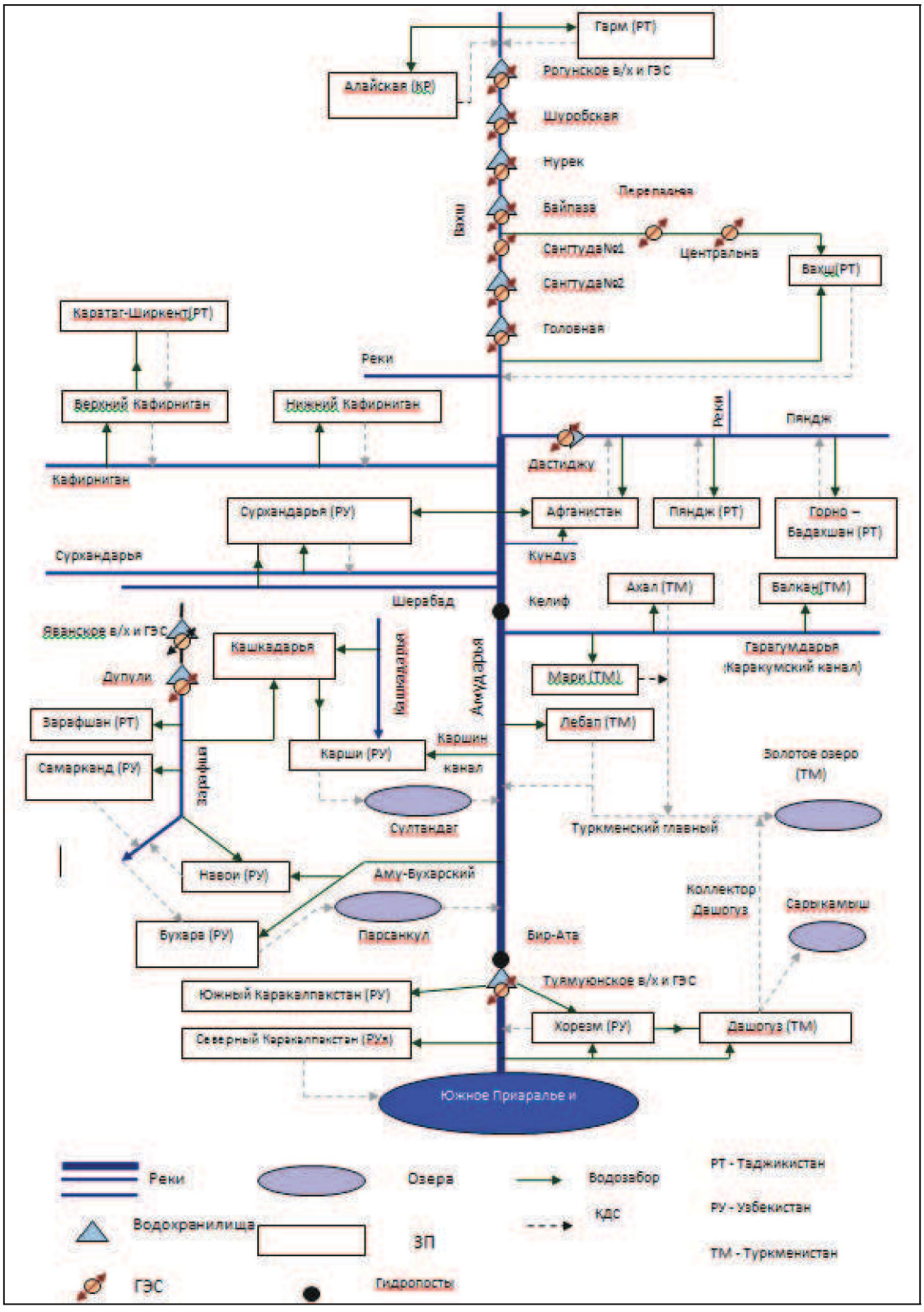


Рис. 6. Гидрографическая схема бассейна реки Амударья (ASBmm)

Модель ЗП разработана в соответствии с требованиями семейства методологий моделирования сложных систем IDEF (разработанной в США), в частности, методоло-

гии функционального моделирования (Function Modeling) и методологии моделирования информационных потоков внутри системы (Information Modeling). Модель состоит из трех крупных фрагментов (модулей): «Расчет водного баланса», «Расчет производства продукции орошаемого земледелия» и «Социально-экономическая оценка».

Модуль «Расчет водного баланса» включает следующие блоки (рис. 7): «Обработка исходных данных», «Расчет требуемого водопотребления», «Расчет располагаемых к использованию водных ресурсов», «Сведение водного баланса», «Обработка и вывод расчетных данных». Исходные данные модели зоны планирования разделены по типам: управляющие воздействия (данные пользователя), информация из БД (сценарии, тренды, ретроспективная и справочная информация), расчетные параметры других моделей (Cropwat, WAm ASBmm, REMO).

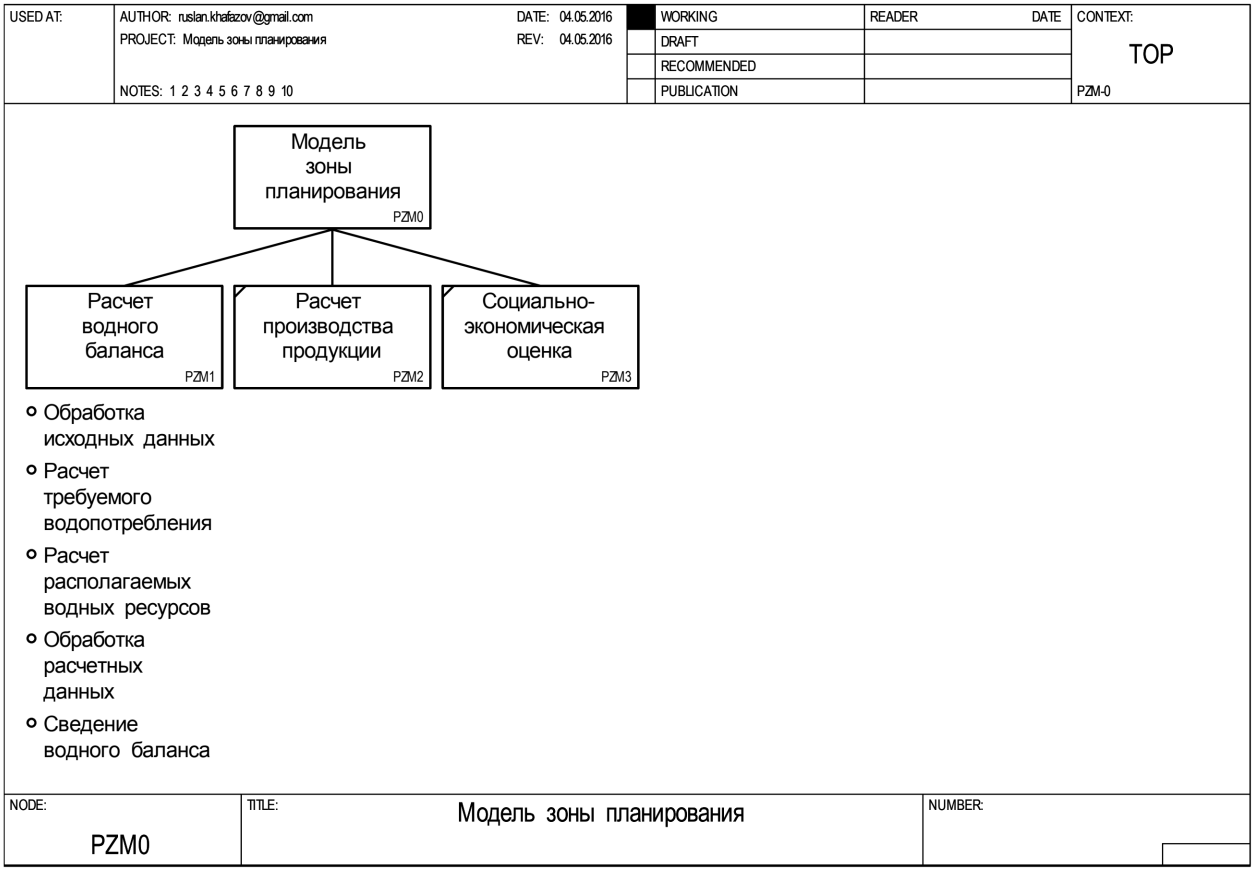


Рис 7. Диаграмма дерева узлов модели зоны планирования

Влияние климата учтено в модели зоны планирования при расчете требуемого водопотребления (эвапотранспирация, осадки) и расчете стока рек.

Основные расчетные индикаторы модели: требуемая подача воды, водозабор из трансграничных и местных источников воды, дефицит воды, потенциальная продукция в орошаемом земледелии (в стоимостном выражении), потеря продукции орошаемого земледелия, продуктивность орошаемых земель и продуктивность оросительной воды, продукция на одного человека. Для каждого индикатора рассчитано среднее значение, максимальное значение и частота появления абсолютного значения выше среднего.

Интерфейс модели доступен пользователю через интернет (http://cawater-info.net/pzm/basic/web). Входная и выходная информация модели зоны планирования доступна также в базе данных проекта PEER (http://cawater-info.net/peer).

2.3.3. Сценарии зон планирования

У пользователя модели ЗП есть возможность:

- Включить/отключить климатический сценарий REMO 0406 – будут корректироваться исходные данные по речному стоку, эвапотранспирации и осадкам,
- Выбрать один из трех социально-экономических сценариев - FSD (Food Security and Diet change), ESA (Export-oriented Sustainable Adaptation) или BAU (Business As Usual),
- Сформировать сценарий пользователя на базе сценария BAU – ввести данные по площадям с/х культур, КПД, подключить/отключить инновации, тренды по водопотреблению в промышленности, питьевом водоснабжении и др., цены на реализацию продукции орошаемого земледелия,
- Выбрать водный сценарий - вариант обеспеченности трансграничного источника; в случае работы модели ЗП в увязке с моделью реки (при режиме итерация) обеспеченность определяется моделью реки (смотрите раздел по адаптации ASBmm).

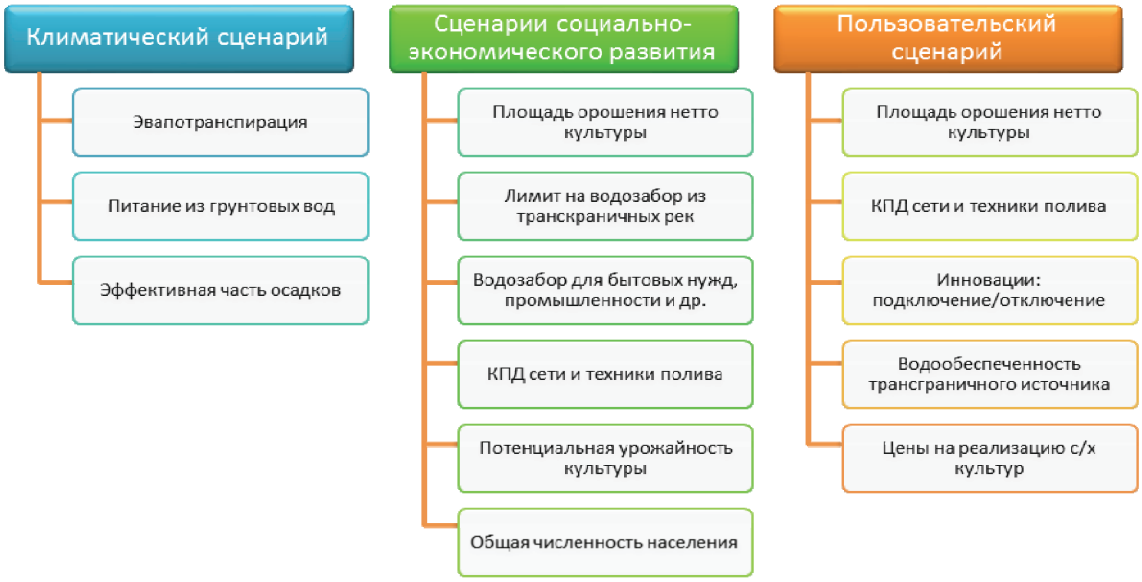


Рис. 8. Основные исходные данные по сценариям

Выбор водного сценария задается через коэффициент обеспеченности лимита на водозабор из трансграничных источников, который может принимать значения от 50% до 100% с шагом 5%.

Сценарий ввода инноваций (внедрение капельного орошения и др.) определяется через индикаторы площади инновационного орошения культуры и КПД инновационной техники полива культуры. При этом подключается алгоритм корректировки общего КПД - системы. Пользователю доступны 120 различных комбинаций сценариев.

2.3.4. Тестирование модели

Тестирование модели зоны планирования представляет из себя сравнение расчетных (Р) и фактических (Ф) значений основных индикаторов модели. Рассчитывается относительное отклонение (Ф-Р/Ф). Для автоматизации тестирования были разработаны серверная и клиентская части модуля тестирования модели зоны планирования. Текущая версия модели зоны планирования позволяет протестировать основные индикаторы по всем зонам планирования бассейна Амударьи.

Для выявления ошибок модели зоны планирования проведен анализ сходимости расчетных и фактических значений по зонам планирования, который выявил незначительные ошибки в исходных данных. После корректировки исходных данных сходимость расчетных и фактических значений улучшилась, - это показывает, что методология и запрограммированный алгоритм модели зоны планирования верны (рис 9, 10). В таблице 14 для некоторых ЗП приводится сравнение расчетных и фактических данных по показателю «требуемый водозабор в ЗП».

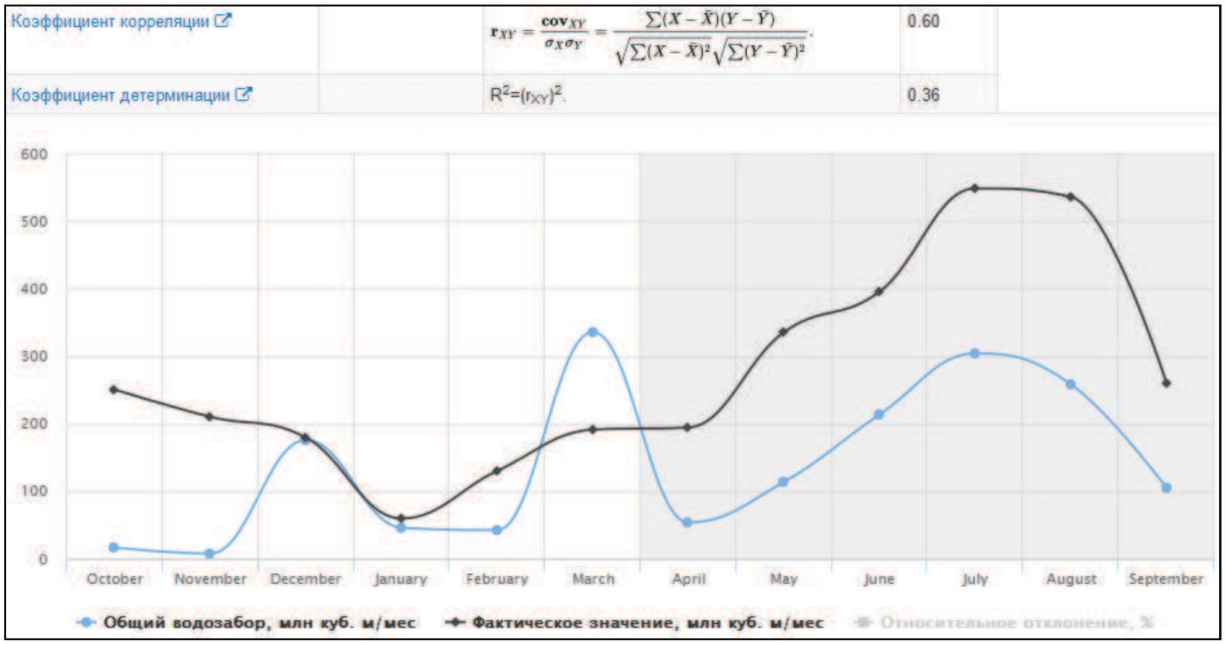


Рис. 9. Сравнение графиков расчетного и фактического водозаборов до корректировки исходных данных (калибровки) для Хорезмской ЗП, 2011 год

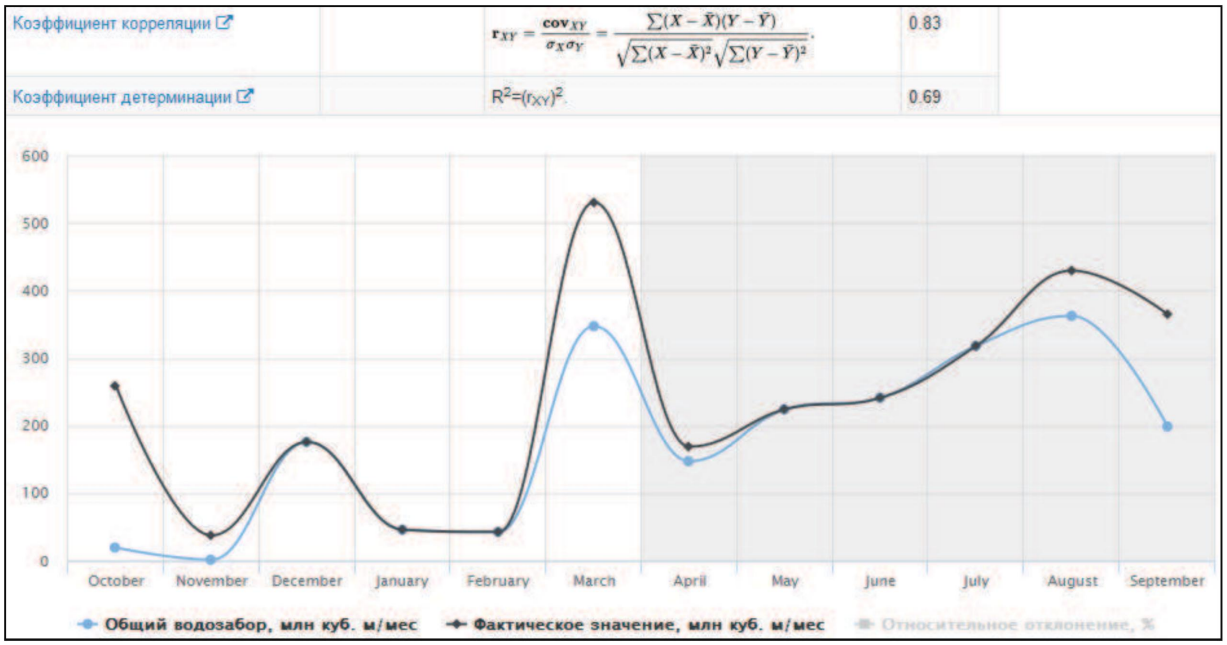


Рис. 10 Сравнение графиков расчетного и фактического водозаборов после корректировки исходных данных (калибровки) для Хорезмской ЗП, 2011 год

Таблица14

Сравнение расчетных и фактических данных по водозабору в каналы отдельных ЗП бассейна Амударьи за вегетацию, млн.м^3

Зоны планирования	Требуемая водоподача за вегетацию: расчет на модели ЗП				Факт	Отклонение % 2010-2015
	2010-2015	В среднем за 2016-2055 гг			2010-2015 гг	
		BAU	FSD	ESA		
Хорезм	2797,6	2805,8	2969,1	2895,5	3028,8	-7,6
Сев. Каракалпакстан	4186,0	3855,7	4505,6	4400,2	4598,48	-9,0
Юж. Каракалпакстан	1541,1	1687,7	1535,4	1503,4	1744,51	-11,7
Дашогуз	4354,5	3329,5	4293,1	4168,5	4208,4	3,5
Бухара	3231,4	2572,5	2857,7	2848,8	3101,7	4,2
Лебап	2836,5	3087,8	3617,4	3632,4	2513,3	12,9
Мары	5075,0	4098,4	4947,3	4896,6	5493,4	-7,6

2.3.5. База данных и интерфейс модели зоны планирования

Серверная часть модели (база данных) реализована в виде хранимых процедур СУБД MariaDB 10.1 (MySQL). Клиентская часть модели (интерфейс) реализована с помощью

веб-фреймворка Yii 2.0, написанного на PHP и реализующего парадигму (шаблон проектирования) MVC.

Шаблон проектирования MVC (Model-View-Controller, Модель-Представление-Контроллер) дает возможность разделить логику модели и пользовательский интерфейс посредством контролера (программы управления).

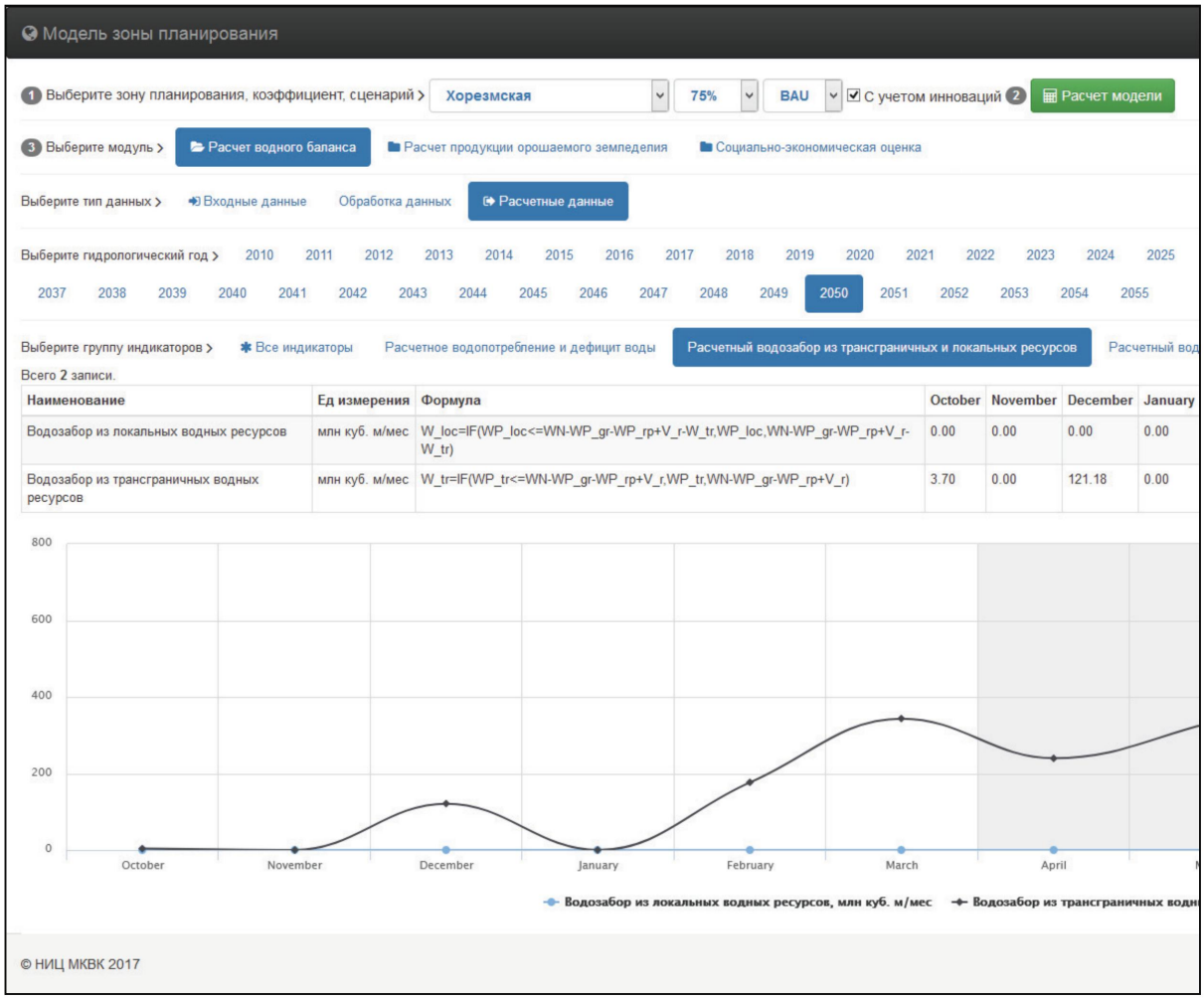


Рис. 11 Интерфейс модели зоны планирования

Основные возможности интерфейса для пользователя:

- Выбор зоны планирования,
- Формирование комбинаций сценариев, включая пользовательский,
- Выбор модуля модели для расчета,
- Просмотр и ввод данных
- Просмотр алгоритмов расчета
- Просмотр входных и расчетных данных в табличной и графической формах
- Сравнение расчетных и фактических данных
- Назначение оптимального варианта на основе выбранного критерия.

2.3.6. Гидроэнергетическая модель

Гидроэнергетическая модель разработана и протестирована в рамках проекта PEER на фактических данных 2010-2017 гг. (разработчик Д. Сорокин). Гидроэнергетическая модель включает следующие компьютерные программы:

- Программу оптимизации работы Нурекской ГЭС, реализованную в системе GAMS;
- Программу расчета работы Нурекской ГЭС и выработки электроэнергии на Вахшском каскаде, реализованую в MS Excel.

GAMS-модель оптимизации Нурекской ГЭС описывает работу Нурекской ГЭС в Вахшском каскаде. В качестве исходной информации вводятся помесячные гидрографы (ряды) стока реки Вахш с 2015 по 2055 годы, полученные проектом PEER по двум вариантам:

- по сценарию продолжения цикла без учета влияния климата;
- по сценарию продолжения цикла с учетом влияния климата (сценарий REMO 0406).

На выходе мы имеем параметры работы ГЭС (расход, напор, мощность, объем выработанной электроэнергии).

В качестве ограничений в модель включены: максимальные и минимальные отметки воды в Нурекском водохранилище, максимальный и минимальный допустимый расход на ГЭС, установленная мощность ГЭС. В модель (алгоритм) включены: батиметрическая кривая (зависимость объема воды в водохранилище от отметки водной поверхности), зависимость коэффициента КПД от напора ГЭС, зависимость отметки уровня воды в реке Вахш ниже ГЭС от расхода ГЭС в нижнем бьефе. Оптимизация осуществляется по двум критериям (целевым функциям):

- максимизация выработки электроэнергии в осенне-зимний период (октябрь-март),
- максимизация выработки электроэнергии за год.

В MS Excel-модель каскада Вахшских ГЭС кроме Нурекской ГЭС включены: Байпазинская ГЭС (установленная мощность 600 МВт), Сангтудинская ГЭС-1 (670 МВт), Сангтудинская ГЭС-2 (220 МВт), Сарбадинская (Головная, 240 МВт), Перепадная и Центральная (суммарная мощность 45 МВт). Модель является имитационной, на входе которой используются, полученные оптимизацией (GAMS-модель), попуски из Нурекской ГЭС. Основные переменные, включенные в модель, приводятся в таблице 15, там же - необходимая информация о переменных.

Таблица 15

Переменные гидроэнергетической модели

Название параметра	Обозначение	Ед.изм	Примечание
Приток к Нурекскому г/у	Inflow	млн.м^3	Исходные данные
Объем воды в вдхр.	Res.vol	млн.м^3	Переменная, определяемая программой оптимизации
Максимальная отметка уровня воды в вдхр.	H_{max}	м	Соответствует НПУ
Минимальная отметка уровня воды в вдхр.	H_{min}	м	Соответствует УМО
Отметка уровня воды в вдхр.	H	м	Рассчитывается по батиметрической кривой (1), $H_{max} > H > H_{min}$
Отметка уровня воды в н/б	H_{out}	м	Рассчитывается как функция от расхода воды в н/б (2), R2=0.997
Расход воды в н/б г/у	Outflow	м^3/с	Переменная, определяемая программой оптимизации. Outflow.max > Outflow > Outflow.min
Расход воды на ГЭС	Q_{hps}	м^3/с	$Q_{hps.max} > Q_{hps}$ = Outflow
Напор на ГЭС	dH	м	$dH = H - H_{out}$
Коэффициент (9.81*КПД)	K		Рассчитывается по формуле (3)
Расчетная мощность ГЭС	N	МВт	$N = K^* Q_{hps}^* dH / 1000$
Количество электроэнергии, вырабатываемой Нурекской ГЭС	E_{nur}	ГВт.ч	$E_{nu}r = n*24*N/1000$, где n-количество дней в месяце
Количество электроэнергии, вырабатываемой на Вахшском каскаде	E_{vahsh}	ГВт.ч	Рассчитывается как функция от выработки электроэнергии на Нурекской ГЭС (4)
Общее количество вырабатываемой энергии	E	ГВт.ч	$E = E_{nu}r + E_{vahsh}$
Удельный расход Нурекской ГЭС на 1 кВт.ч вырабатываемой энергии	q	м^3/кВтч	$q = Q_{hps}*n*24*3600/(E_{nu}r*106)$

Зависимость объема воды от уровня водной поверхности водохранилища [Петров Г.Н., 2009]:

$$H = 12.12*Res.vol + 781.83 \quad (1)$$

Зависимость уровня воды от расхода воды в н/б Нурекского г/у [Петров Г.Н., 2009]:

$$Hout = 0.0000000005* Outflow3 – 0.000003266** Outflow2 + \\ +0.007169* Outflow +642.8469 \quad (2)$$

Формула расчета коэффициента «К» [Петров Г.Н., 2009]:

$$K = - 0.00672*dH + 10.379 \quad (3)$$

Формула расчета выработки электроэнергии на Вахшском каскаде (без Нурекской ГЭС) [Петров Г.Н., 2009]:

$$Evahsh = 0.386*Enur + 67.251 \quad (4)$$

Целевые функции (Y1 и Y2), включенные в модель, представляют собой суммы годовых (октябрь-сентябрь) и межвегетационных (октябрь-март) значений выработки электроэнергии на Нурекской ГЭС.

$$Y1 = sum\ (t, Enur(t)\ ) \quad (5)$$

$$Y2 = sum\ (tn, Enur(t)\ ) \quad (6)$$

Здесь: Y1 – целевая функция, применяемая при оптимизации энергоирригационного режима работы Нурекской ГЭС, Y2 – целевая функция, применяемая при оптимизации энергетического режима работы Нурекской ГЭС, t – индекс месяца в расчетном ряду N, t = 1,…N, tn – индексы месяцев межвегетационных сезонов (октябрь-март) в расчетном ряду N. В одной GAMS-программе N = 60 месяцев или 5 лет. Расчет ведется семью программами, связанными между собой, на период в 35 лет (7 пятилеток) или 7*60 = 350 месяцев.

Максимизация годовой выработки электроэнергии выполняется методом нелинейного программирования при выполнении критерия:

$$Y1 \rightarrow max \quad (7)$$

Максимизация выработки электроэнергии за межвегетационный сезон выполняется методом нелинейного программирования при выполнении критерия:

$$Y2 \rightarrow max \quad (8)$$

Режим Нурекской ГЭС и расчетная выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС и Вахшском каскаде ГЭС за 2010-2017 годы представлен в Приложении.

На рис.12 приводятся результаты расчетов на модели по показателю «выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС» за 2010-2016 гг., а на рис13 - сравнение фактических значений (обработка данных ОДЦ «Энергия») с расчетными (модель) в среднем за 2010-2016 гг.

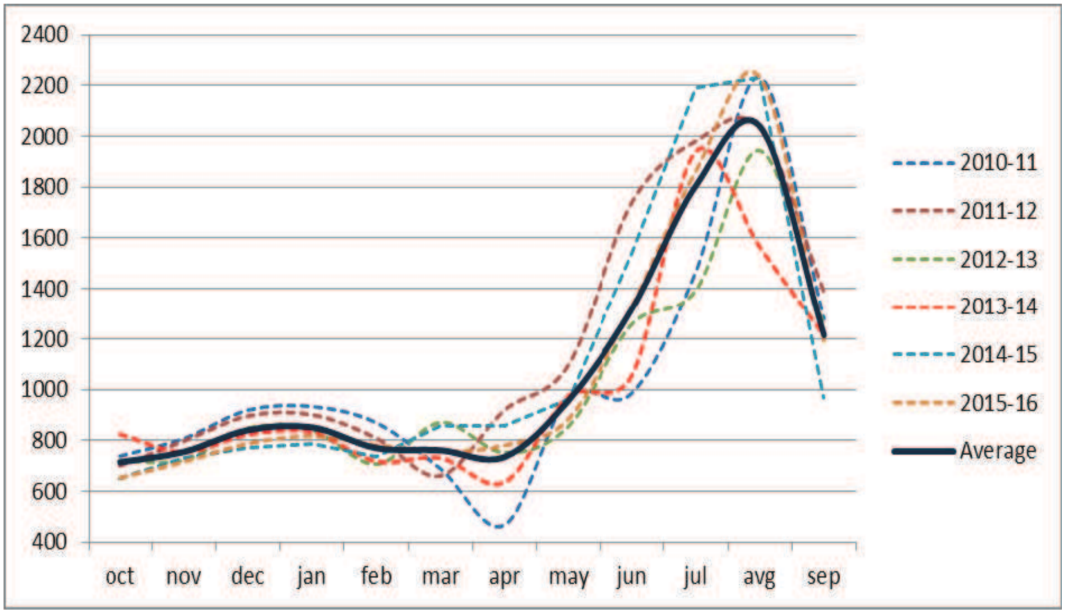


Рис. 12. Выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС за 2010-2016 гг результаты расчетов на модели

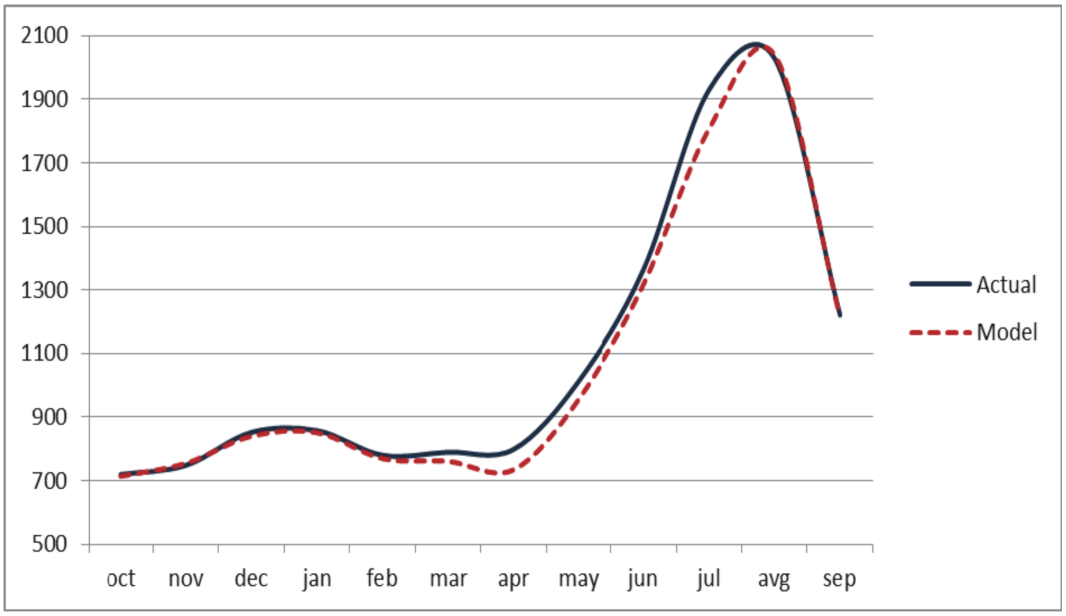


Рис. 13. Выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС, в среднем за 2010-2016 гг.: сравнение фактических значений с расчетными, полученными с помощью модели

В среднем за 2011-2016 гг. отклонение расчетных значений (данные модели) выработки электроэнергии от фактических составляет 2 %, колебания по месяцам: от –1 % до 8 % (рис. 14). Связь между расчетными и фактическими величинами характеризуется коэффициентом R2 = 0.984 (рис. 15).

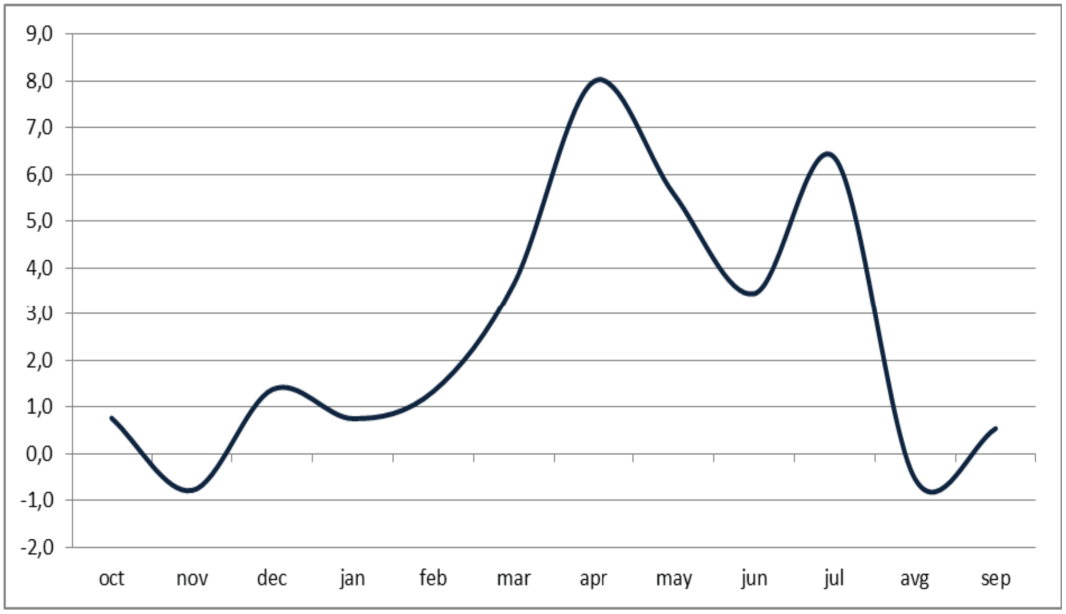


Рис. 14. Отклонение расчетных значений выработки электроэнергии от фактических, в % от фактических: осреднение за 2010-2016 гг.

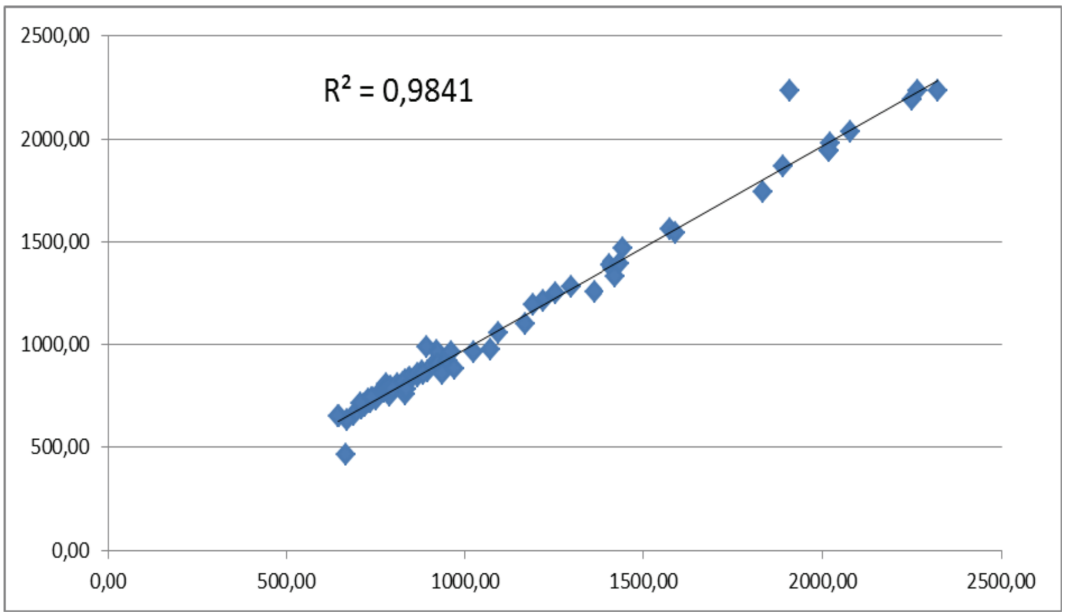


Рис. 15. Зависимость между фактическими (ось X, млн.кВт.ч / месяц) и расчетными (ось Y, млн.кВт.ч / месяц) значениями количества вырабатываемой электроэнергии на Нурекской ГЭС

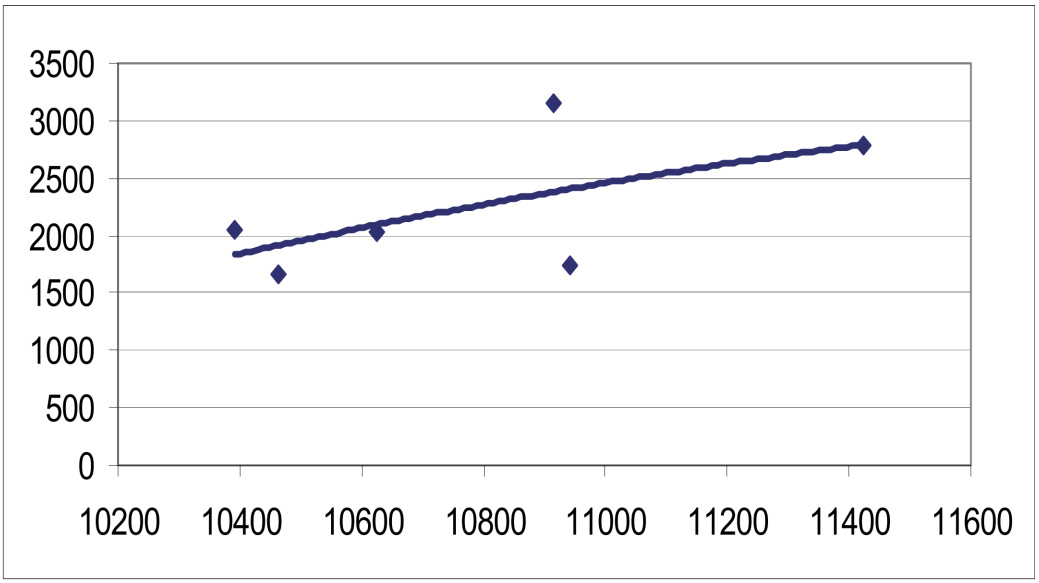


Рис. 16. Эмпирическая связь годового количества потерянной электроэнергии на холостых сбросах (ось Y) от используемого количества электроэнергии, вырабатываемой на Нурекской ГЭС (ось X)

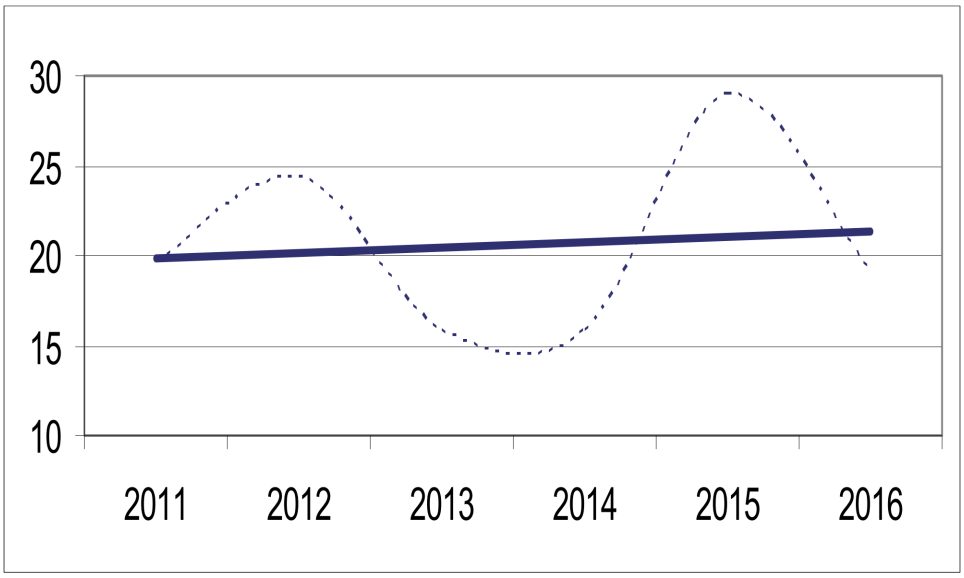


Рис. 17. Динамика потерь электроэнергии на Нурекской ГЭС на холостых сбросах за 2011-2016 гг., в % от используемой электроэнергии

При оптимизации режима работы Нурекской ГЭС на перспективу холостые сбросы будут сведены к нулю благодаря введенным в модель ограничениям на максимальные допустимые расходы ГЭС и возможности модели создавать запасы емкости перед паводковыми расходами.

Анализ графиков попусков воды из Нурекского г/у за разные периоды позволяет определить максимальные и минимальные наблюдаемые значения попусков, соответ-

ствующие альтернативным режимам работы г/у – энергетическому и энерго-ирригационному, которые являются наиболее вероятными в перспективе (рис. 18).

Кривые, показанные на рисеуrt, введены в гидроэнергетическую модель. При необходимости они могут быть подключены в качестве ограничений, - тогда оптимизация по критериям (7) и (8) будет осуществляться в рамках этих ограничений, т.е в области существующих (ранее наблюдаемых) величин.

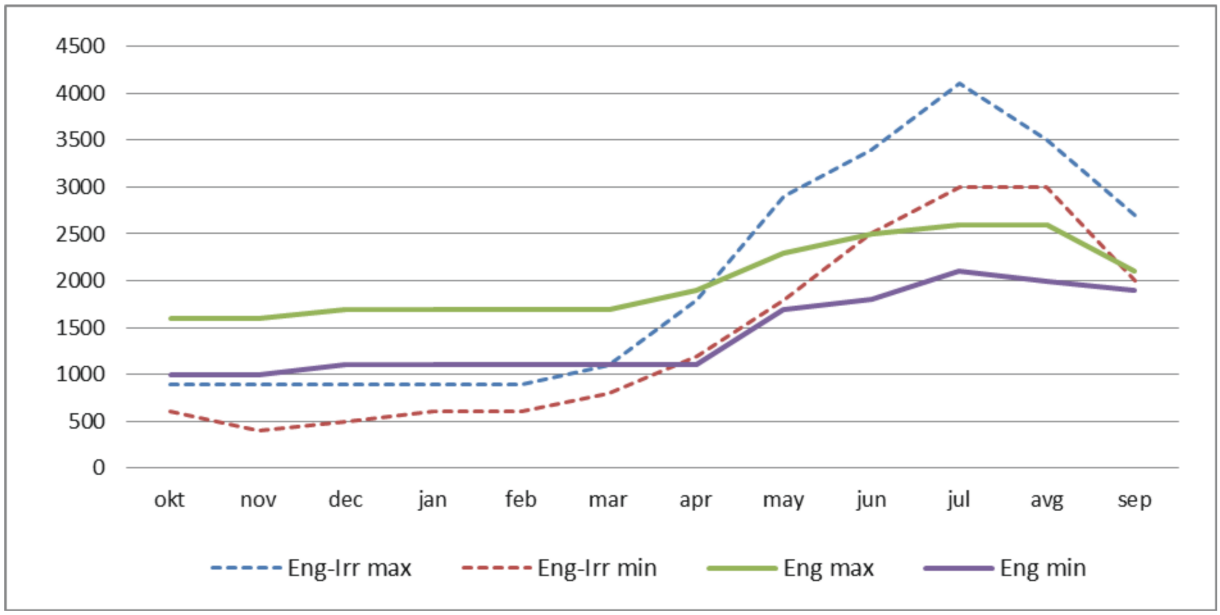


Рис. 18. Диапазон попусков из Нурекского г/у для энергетического и энерго-ирригационного режимов работы ГЭС, млн.м^3/мес

2.3.7. Адаптация ASBmm

Основные принципы прогнозирования и моделирование будущего развития водохозяйственного комплекса бассейна реки Амударьи заложены в модели бассейна Аральского моря – ASBmm (http://asbmm.uz).

Комплекс моделей ASBmm – коллективный труд, разработан в кооперации НИЦ МКВК (проф. В.А.Духовный, А.Г.Сорокин и др.) с UNESCO IHE, Нидерланды (Дж. де Шуттер, Маски), с привлечением ведущих специалистов БВО «Сырдарья», БВО «Амударья», Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Республики Таджикистан (Г.Н. Петров), Агентства GEF, Института прогнозирования и макроэкономических исследований Республики Узбекистан (С.В. Чепель). 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.

Последняя версия ASBmm включала в себя три основные модели: модель распределения водных ресурсов, модель ЗП и социально-экономическую модель.

Адаптация ASBmm в рамках проекта PEER предусматривает:

- Совершенствование пользовательского интерфейса ASBmm
- Разработку и включение в ASBmm новой модели ЗП, дополненную новыми для пользователя возможностями
- Адаптацию модели распределения водных ресурсов к новому интерфейсу ASBmm
- Интеграцию в ASBmm модели оптимизации состава с/х культур ЗП

Схема взаимодействий между элементами комплекса ASBmm показана на рисунке 19. Ниже приводится краткая характеристика отдельных составляющих новой версии ASBmm.

2.3.8. Модель распределения водных ресурсов

Модель распределения водных ресурсов (WAm) - специализированный компьютерный инструмент для моделирования процессов регулирования стока основных рек бассейна Аральского моря крупными водохранилищными гидроузлами с ГЭС трансграничного воздействия, распределения поверхностных водных ресурсов между водохозяйственными районами (зонами планирования) и водными экосистемами (ветланды Приаралья, Арал); позволяет выполнять водобалансовые и гидроэнергетические расчеты по бассейнам рек Сырдарья и Амударья, по водохозяйственным сценариям, помесячно на период до 2035 года; модель создана на основе технологии GAMS, что позволяет решать оптимизационные задачи управления водными ресурсами, и во многом способствует правильному выбору водохозяйственных решений. В рамках проекта PEER адаптация WAm выполнена на материале и данных бассейна Амударьи.

2.3.9. Модель зоны планирования

Модель зоны планирования (PZm) – профессиональный программный инструмент для расчета требуемого водопотребления в ЗП стран бассейна (коммунально-бытовой сектор, сельское хозяйство, промышленность); позволяет рассчитывать по климатическим и водохозяйственным сценариям до 2055 года водообеспеченность ЗП и потери продукции при возникающем дефиците воды; позволяет составлять водохозяйственные балансы зон планирования, в увязке с речной сетью (моделью WAm), включая водные балансы орошаемых территорий, расчет возвратных вод; учитывает наличие местных водных ресурсов, включая подземные воды и регулирование стока внутрисистемными водохранилищами

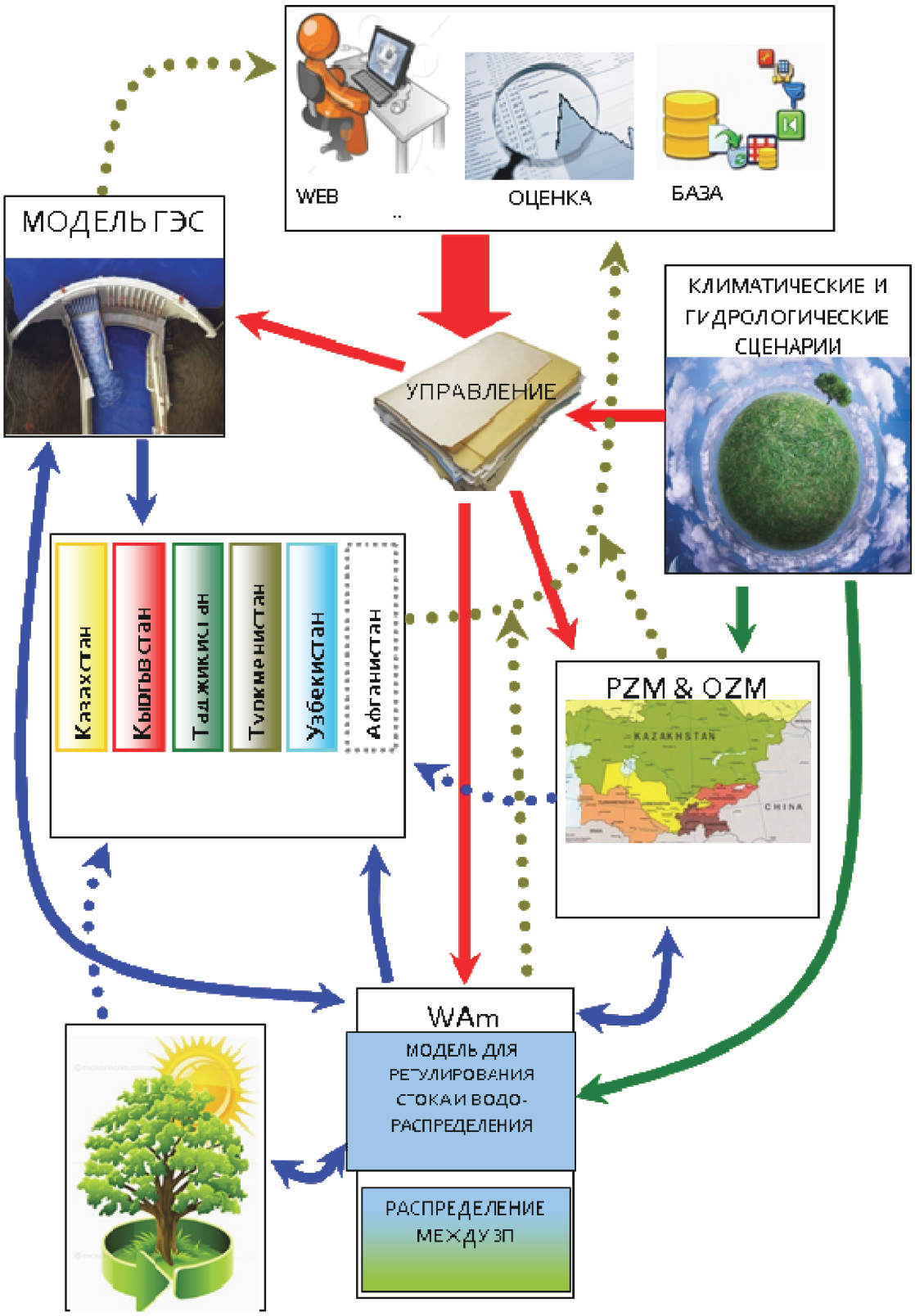


Рис. 19. Схема взаимодействий между элементами комплекса ASBmm

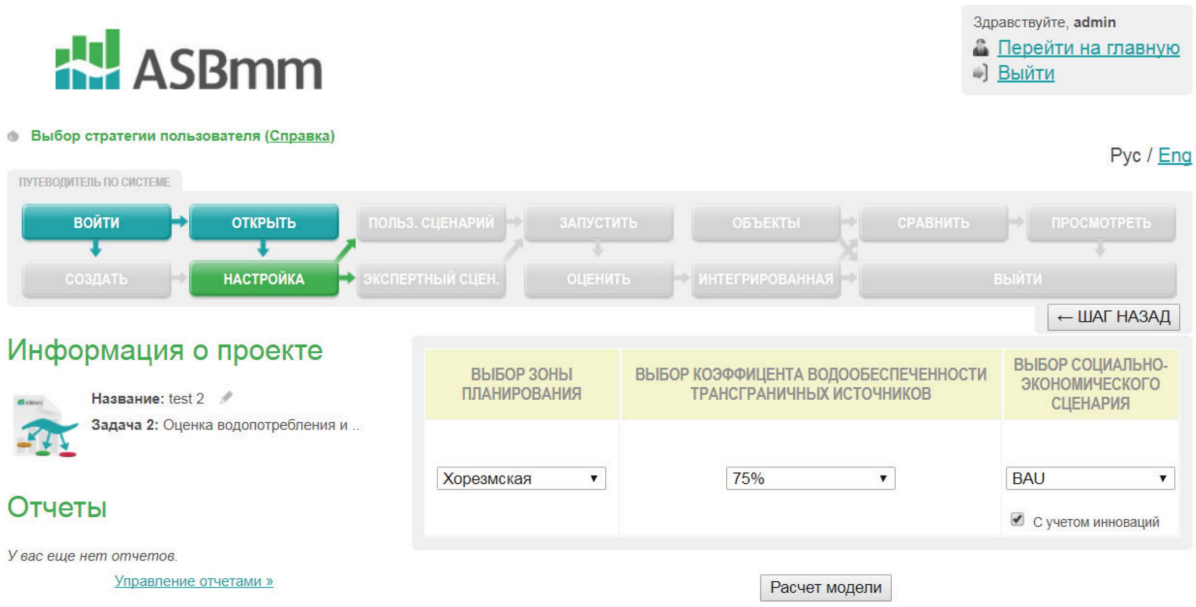


Рис 20. Окно доступа к модели PZm в ASBmm

2.3.10. Модель оптимизации состава сельхозкультур зоны планирования

Модель оптимизации состава с/х культур (OZm) – профессиональный программный инструмент для расчета состава с/х культур ЗП стран, реализующий оптимизационную, экономико-математическую модель (А.Сорокин, программирование - Т.Кадыров).

Оптимизационная модель в качестве ограничений использует данные по составу с/х культур и КПД, моделируемых внедрение инноваций в имитационной модели ЗП по сценариям BAU, FSD, ESA. Орошаемые площади с/х культур (стандартный набор модели ЗП и ASBmm – хлопчатник, пшеница и другие зерновые, рис, овощи и фрукты, кормовые) являются переменными, оптимизационные значения которых необходимо найти. Решение может искаться по двум схемам:

- Схема 1 - в рамках сценариев FSD, ESA (граничные условия), с начальным условием для состава с/х культур и КПД в точках «(FSD + ESA)/2»
- Схема 2 - с начальным условием для переменных по составу с/х культур и КПД в точках «BAU» без ограничений, определяемых FSD и ESA.

Компьютерная программа имеет возможность зафиксировать любые максимальные и минимальные величины площади отведенную под конкретную культуру (например, площади под хлопчатник, зерновые, определяемые госзаказом), приусадебные культуры фиксируются отдельно и при распределении не участвуют.

Модель использует в качестве исходных данных: количество людей, проживаемых в ЗП, ряды объемов водозабора в ЗП (вода, подаваемая на орошение), объемы дефицита воды в ЗП, значения урожайности с/х культур (получаемой при отсутствии дефицита воды), цены на реализацию с/х продукции (выращиваемой на орошаемых зем-

лях) и цены на продукты питания (молочные и мясные продукты питания и др.), переходные коэффициенты (для расчета продукции в кормовых единицах, калориях, оценки секторов переработки продукции и сферы услуг). Для расчета баланса калорий для каждого продукта питания вводятся нормативные значения (количество калорий на одного человека в день) - корзина питания, принятая для условий Центральной Азии.

Алгоритм модели включает:

- Расчет валового сбора продукции, полученной на орошаемых землях (для каждой с/х культуры) и потерь продукции при дефицитах воды (в танах и $),
- Расчет кормов (в тоннах и кормовых единицах) и их распределение для мясного и молочного животноводства,
- Расчет молочной и мясной продукции, полученных с пастбищ и с орошаемых земель (в тоннах),
- Расчет продуктов питания (в тоннах и калориях) и баланса калорий,
- Расчет добавленной стоимости, получаемой в орошаемом земледелии, а также в секторах переработки и сфере услуг (в $).

Для оптимизации могут быть использованы следующие критерии:

- Критерий 1 - максимум валового сбора продукции, полученной на орошаемых землях (в тоннах или $),
- Критерий 2 – максимум продуктивности воды или(и) земли, определяемой как отношение валового сбора (в $) к объему используемой воды (м3) или(и) величине орошаемой площади (га),
- Критерий 3 - максимум добавленной стоимости, получаемой в орошаемом земледелии ($),
- Критерий 4 - минимум отклонения расчетных значений суммарного количества калорий от нормативного,
- Критерий 5 - минимум стандартного квадратичного отклонения удельных производственных показателей продуктов питания от нормы продовольственной корзины принятой для Центрально Азиатского региона.

Программирование оптимизационного модуля распределения с/х культур и расчета продуктов питания ЗП выполнено в системе алгебраического моделирования GAMS с возможностью экспорта/импорта данных (база данных MySQL).

Для калибровки коэффициентов модели в компьютерную программу, реализующую модель, включен модуль калибровки. Для его работы необходимо вводить фактические данные по количеству продукции аграрного сектора, полученной в ЗП.

С использованием модели на данных Хорезмской ЗП выполнено тестирование модели и анализ стратегий развития ЗП (аграрный сектор), ориентированных на продовольственную безопасность и экспорт продукции. Расчеты, выполненные по схеме 1 и критериям 1, 2, 3 дают приближение к сценарию ESA (который более выгоден с точки зрения получаемого дохода), по критериям 4 и 5 – к сценарию FSD.

2.3.11. База данных

База данных – информационно-распределительная система, представляющая собой набор данных и комплекс информационных технологий по хранению, обработке, приему данных и представлению их пользователю; имеет три блока: для хранения ретроспективной информации, блок для хранения исходной первичной информации для моделей, сгруппированной по сценариям и вариантам гидрологических рядов, блок для хранения вторичной информации по сценариям и результатам моделирования. Комплекс сценариев описывает возможные будущие изменения, которые могут быть использованы в виде сочетания этих предположений, или созданные пользователем в предложенном формате собственные сценарии будущих изменений и развития.

2.3.12. Интерфейс

Пользовательский веб-интерфейс объединяет функции меню пользователя и программы управления. Меню пользователя (набор окон и инструментов) позволяет вести диалог с ПЭВМ; реализуют ряд возможностей по настройке моделей, корректировке данных и созданию пользовательских сценариев, а также по организации итерационных запусков моделей и интерпретации полученных результатов.

Результаты моделирования можно просматривать через интернет в табличной, графической форме, а также визуализировать в картографическом блоке (цветная индексация в пространстве и во времени) по ряду показателей.

Программа управления, осуществляющая интеграцию моделей, позволяет маршрутизировать, преобразовывать и организовывать обмен данными, управлять потоками информации; осуществляет синхронизацию потоков информации, находящихся под управлением различных пользователей.

Интерфейс, также как и комплекс моделей, представляет две линии развития, как исторического, так и будущего: (i) в бассейне реки, где в основном происходят все гидрологические, энергетические и экологические процессы; и (ii) на территориальном уровне, который описывает поведение характеристики зоны планирования (ЗП) в зависимости от водообеспеченности и сценариев BAU, FSD, ESA.

2.4. База данных

В рамках проекте PEER разработана БД, включающая таблицы с данными и интерфейс. Для пользователей доступна ретроспективные данные (2010-2015 гг) и информация, позволяющая по ряду сценариев оценивать перспективы развития орошаемого земледелия и гидроэнергетики стран бассейна в условиях изменение климата (2020-2055 гг.).

Данная информация может быть использована широком кругом заинтересованных лиц, начиная от студенческой аудитории до специалистов, занимающихся перспективными планированием и построением сценариев развития отдельных зон, стран и бассейна в целом. БД расположена на сервере НИЦ МКВК и доступна в интернете по адресу http://cawater-info.net/peer.

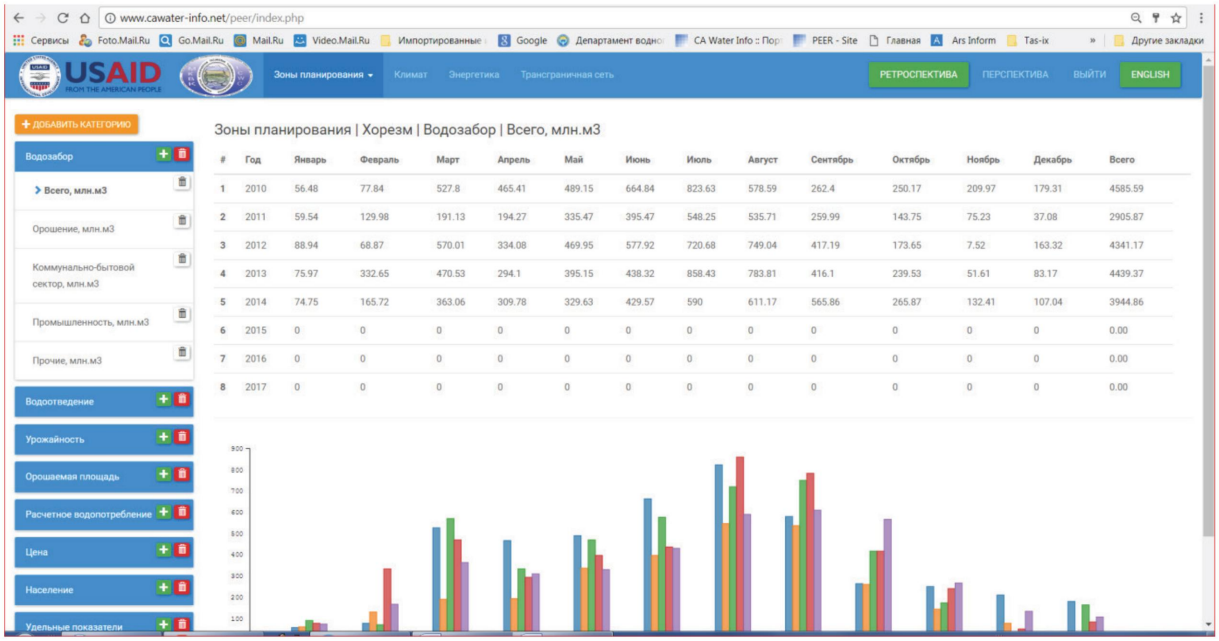
Функционал ресурса:

- Поддержка двух языков: русский, английский
- Авторизация пользователей
- Ввод данных посредством меню-пользователя
- Табличный и графический вывод данных

2.4.1. Пользовательский интерфейс

Главная страница содержит шапку сайта в которой расположены: меню с возможностью выбора зон планирования, модулей, смены языка, авторизации и (для авторизованного пользователя) кнопка добавления новых зон планирования.

Меню слева содержит список индикаторов. Также на меню расположены кнопки редактирования, добавления и удаления категорий и индикаторов (для авторизованных в системе пользователей). Под шапкой сайта, расположена таблица с выводом данных по выбранному индикатору, зонам планирования, годам и месяцам, а также график, с возможностью переключения вида отображения информации.



#	Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Всего
1	2010	56.48	77.84	527.8	465.41	489.15	664.84	823.63	578.59	262.4	250.17	209.97	179.31	4585.59
2	2011	59.54	129.98	191.13	194.27	335.47	395.47	548.25	535.71	259.99	143.75	75.23	37.08	2905.87
3	2012	88.94	68.87	570.01	334.08	469.95	577.92	720.68	749.04	417.19	173.65	7.52	163.32	4341.17
4	2013	75.97	332.65	470.53	294.1	395.15	438.32	858.43	783.81	416.1	239.53	51.61	83.17	4439.37
5	2014	74.75	165.72	363.06	309.78	329.63	429.57	590	611.17	565.86	265.87	132.41	107.04	3944.86
6	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
7	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
8	2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Рис. 21. Пользовательский интерфейс БД

2.4.2. Структура данных

Пользователь может выбрать в режимах «Ретроспектива», «Перспектива»:

- Данные по зонам планирования,
- Данные по климату,
- Данные по гидроэнергетике
- Данные по трансграничной сети

Раздел ЗП в блоке «Ретроспектива» состоит из следующих категорий:

- Всего орошаемая площадь, в т.ч по с/х культурам;
- Водопотребление по с/х культурам;
- Урожайность по с/х культурам;
- Цена реализации с/х культур;
- Водозабор по секторам (орошение, питьевое водоснабжение, промышленность, с/х водоснабжение)
- Водоотведение по секторам
- Население

Раздел ЗП в блоке «Перспектива» состоит из тех же категорий, что расположены в блоке «Ретроспектива», но они приводятся по сценариям BAU, FSD ESA, водопотребление является расчетным, учитывающим влияние климата по сценарию REMO 0406.

Раздел «Трансграничная сеть» в блоке «Ретроспектива» состоит из следующих категорий:

- Сток река Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья (зона формирования)и Кундуз,
- Сток Амударья по гидропостам - Керки, Атамурат, Бирата, Туямуюн и Саманбай,
- Режим работы Нурекского и Туямуюнского водохранилищ,
- Лимит и фактический водозабор на участках,
- Сброс КДС в реки.

Раздел «Трансграничная сеть» в блоке «Перспектива» состоит из тех же категорий, что расположены в блоке «Ретроспектива». Водные ресурсы приводятся для двух случаях: без учета климатического влияния (расчетные ряды по сценарию продолжения существующих циклов) и с учетом климатических изменений. Сток ре в гидропостах приводится для сценариях, имеющих в створе Нурекской ГЭС два режима ее работы –

энергетический (максимальная выработка э/э в зимний период) и энерго-ирригационный (максимальная выработка э/э за год).

Раздел «Климат» в блоке «Ретроспектива» состоит из данных по средней температуры и осадкам по всем ЗП в бассейне реки Амударья, а в блоке «Перспектива» - рассчитанных по сценарию REMO 0406.

Раздел «Энергетика» в блоке «Ретроспектива» состоит из данных по расходам Нурекской ГЭС и данным по выработке электроэнергии на Вахшском каскаде и Нурекской ГЭС, а в «Перспектива» - рассчитанных по двум режимам Нурекской ГЭС (энергетический, энерго-ирригационный).

2.4.3. Наполнение БД

БД наполнена ретро-данными (базовый период 2010-2015 гг.) и информацией, полученной в результате исследований и моделирования за 2017-2055 гг. (модель ЗП, гидроэнергетическая модель). Объем информации – 3.35 MB. Данные приводятся по трем государствам - Таджикистану, Туркменистану, Узбекистану, 13 зонам планирования.

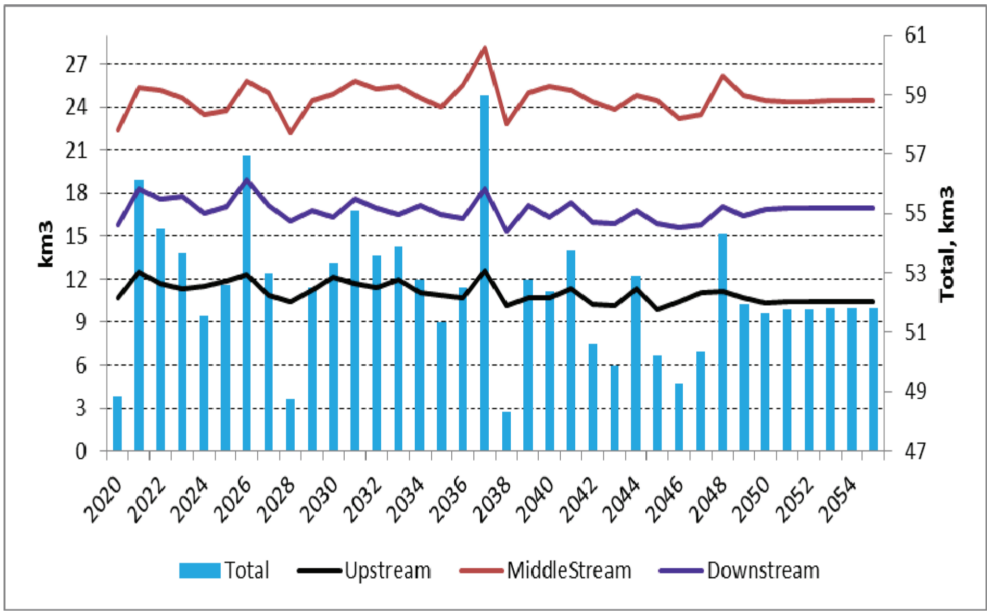


Рис. 22. Пример отображения информации. Расчетное водопотребление бассейна по сценарию ESA: обработка результатов расчета модели ЗП

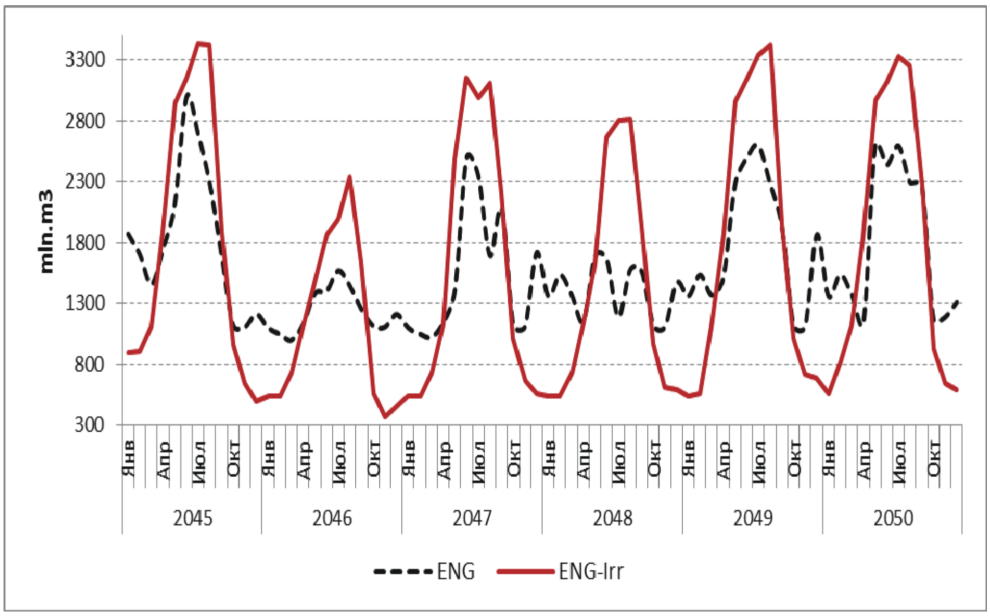


Рис. 23. Пример отображения информации. Попуски из Нурекского ГЭС при энергетическом (Eng) и энерго –ирригационом (Eng-Irr) режимах: выборка из БД для периода 2045-2050 гг.

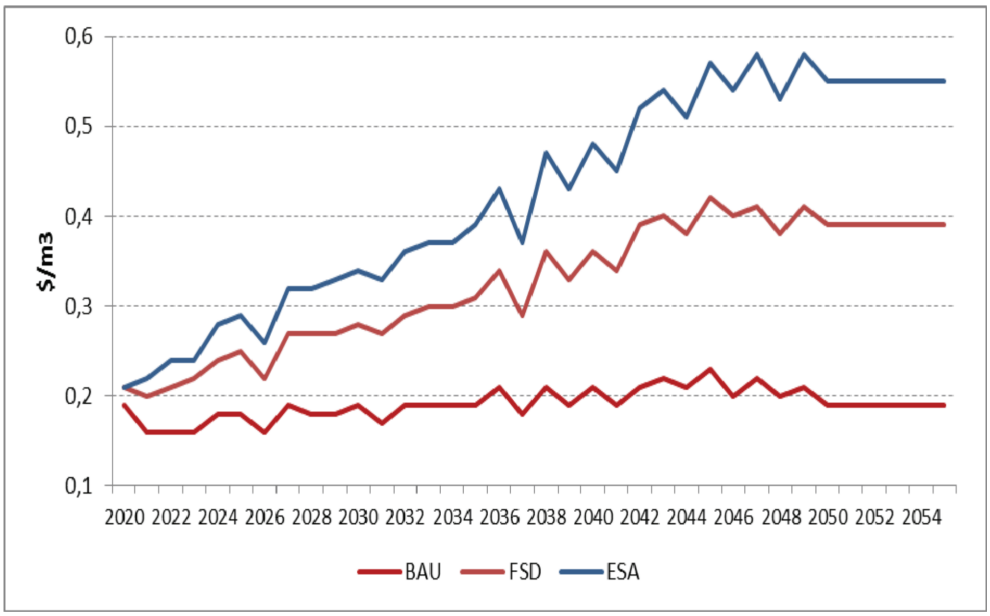


Рис. 24. Пример отображения информации: динамика продуктивности воды Хорезмской ЗП для сценариев BAU, FSD, ESA

2.4.4. Программное обеспечение

Дизайн БД выполнен в стиле Material Design от компании Google. Веб-приложение работает по принципу SPA (single page application), посредством AJAX. Система разделена на два приложения: клиентское и серверное. Сервер выступает в качестве API реализованный на Yii, данные передаются клиентскому приложению в формате JSON. Дан-

ные хранятся в СУБД MySQL. Программное обеспечение написано на PHP, JavaScript, MySQL.

Системные требования:

- интерпретатор PHP 5.1 и выше;
- Apache HTTP Server;
- MySQL 4.1 и выше с поддержкой расширения MySQLi или pdo_mysql

Технические требования: место на жестком диске – 10 мб; одноядерный процессор с тактовой частотой 2.4 ГГц; оперативная память объёмом 512 Мб.

2.5. Водный баланс реки и его составляющие

2.5.1. Базовый период

Основная цель составления водных балансов (ВБ) бассейна Амударьи за базовый период времени (2010-2015 гг.): выявить особенности формирования водных ресурсов в бассейне, их распределения по территории бассейна и сезонам времени, оценить возвратный сток, определить потери и невязки (неучтенный приток воды или потери). Суммарный баланс поверхностных вод бассейна практически состоит из руслового баланса реки и основных притоков, в сочетании с суммой водных балансов зон планирования.

Невязки ВБ в границах зон планирования (ЗП) характеризуют потери водных балансов ресурсов в ЗП, а также неточности в оценке статей ВБ, таких, как: использование местных водных ресурсов, коллекторно-дренажные воды (КДВ), регулирование стока. Невязки ВБ, сведенного по рекам и их участкам, включая водохранилища, характеризуют неточности вычисления бокового притока, а также русловые потери, а на некоторых участках – неучтенный приток в русло реки, а также потери в водохранилищах (на испарение и фильтрацию); для реки Амударьи невязка стока в разрезе отдельных декад или дней может характеризовать неточность расчета изменений объемов воды в русле и пойме реки – «регулирование стока рекой» (динамический фактор).

Анализ ВБ в целом по бассейну и его отдельным участкам, ЗП на данных базового периода (2010-2015 гг) позволяет выявлять невязки ВБ и калибровать модель ЗП. Для того, чтобы минимизировать невязки ВБ по ЗП и по участкам рек, необходимо, прежде всего, в статьи ВБ включить функции потерь, отражающие особенности формирования потерь в ЗП и на участках рек, влияние на потери водности отдельных сезонов гидрологического года.

В конечном итоге анализ базового периода позволяет минимизировать ошибки составления ВБ по ЗП на 2016-2055 годы и верно оценивать баланс «водные ресурсы – спрос на воду» для различных сценариев развития ЗП в условиях климатических изменений.

ВБ составлены по отдельным ЗП, в увязке с водохозяйственными районами (ВХР) бассейна Амударьи, по участкам реки Амударья и ее основным притокам (Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья). Сток рек, не впадающих в реку Амударью, но пи-

тающих ЗП (включенные в состав исследований PEER), таких как, Зеравшан, Кашкадарья, Мургаб, Теджен, учтены при составлении ВБ ЗП по категории «местные ресурсы». Реки Афганистана Кокча (левый приток Пянджа) и Кундуз (левый приток Амударьи) учтены в Афганской ЗП. Для составления ВБ (в границах ответственности PEER) бассейн Амударьи был разбит на: i) верхнее, ii) среднее, iii) нижнее течения. Передача водных ресурсов с верхнего течения в среднее по реке Амударья осуществляется по створу выше Гарагумдарьи (водозабора в Каракумский канал), со среднего течения в нижнее – по гидрологическому посту (г/п) Бирата (Дарганата), характеризующему приток в Тюямуюнский гидроузел (ТМГУ).

В верхнем течении расположены: 1) Алайская ЗП, входящая в Ошскую область Кыргызстана (KG), 2) Вахшская, Пянджская, Нижне-Кафирниганская ЗП, входящие в Хатлонскую область Таджикистана (TJ), 3) Верхне-Кафирниганская, Каратаг-Ширкентская, Гармская ЗП, входящие в Районы Республиканского Подчинения – РРП (TJ), 4) Горно-Бадахшанская ЗП (TJ), 5) Сурхандарьинская ЗП (область) Республики Узбекистан (UZ).

В среднем течении расположены: 1) Каршинская, Бухарская, Навоийская ЗП (UZ), 2) Лебапская, Марыйская, Ахалская ЗП – Туркменистан (TM). Балканская ЗП (TM) не входит в бассейн реки Амударьи (она относится к бассейну Каспийского моря), но ее требования к стоку Гарагумдарьи (Каракумского канала) учитываются при составлении водного баланса. Каршинская ЗП (UZ) является частью Кашкадарьинской области Республики Узбекистан, зоной нового орошении, питающейся, главным образом, из реки Амударьи по Каршинскому магистральному каналу (КМК). Каршинскую ЗП составляют Мубарекский, Миришкорский, Касансайский, Касбийский, Каршинский, Бахаристанский и Нишанский районы Кашкадарьинской области. Бухарская ЗП (UZ) питается в основном из реки Амударьи по Амубухарскому магистральному каналу (АБМК) и частично из реки Зеравшан. Главный источник воды для Навоийской ЗП – река Зеравшан и только незначительная часть воды из системы АБМК поступает в Навоийскую ЗП.

В нижнем течении расположены: 1) Дашогузская ЗП (TM), 2) Хорезмская ЗП (UZ), 3) Зоны планирования Каракалпакстана – Северная и Южная (UZ). Элликанский, Берунийский, Амударьинский и Турткульские районы Каракалпакстана образуют ЗП Южный Каракалпакстан, остальные районы – Северный Каракалпакстан (UZ).

Важной особенностью водозабора в среднем течении Амударьи является наличие крупнейших магистральных каналов-трансферов (Гарагумдарья, КМК, АБМК), забирающих воду с помощью бесплотинных водозаборов и транспортирующих речную воду на большое расстояние. В сети этих каналах находятся наливные внутрисистемные водохранилища, которые являются ирригационными регуляторами. Такая система позволяет часть воды на орошение забирать из Амударьи в межвегетационный период (октябрь-март), накапливать воду в межсистемных водохранилищах, и потом, в вегетационный период (апрель-сентябрь) срабатывать в оросительную сеть, к той воде, которая поступает в вегетацию из Амударьи по местным рекам каналам.

Для составления водного баланса поверхностных вод реки Амударьи необходимо было решить ряд задач:

- уточнение поверхностного стока реки Пяндж;
- закономерности формирования возвратных вод;
- оценка русловых потерь;
- оценка фактических и потребных экологических попусков;

- проблема внутренних солёных озёр, включая «Золотое озеро» Туркменистана.

2.5.2. Восстановление рядов стока рек

В базе данных НИЦ МКВК собраны данные по водным ресурсам всех основных рек бассейна Амударья за 1932/1933 – 1988/1999 гидрологические годы. Кроме этого, по проекту PEER собраны данные по рекам Республики Узбекистан, по стоку реки Вахш в створе поста Дарбанбе (ранее - Комсомолабад) и стоку реки Амударья за период с 1999/2000 года по 2014/2015 год. Главной точкой мониторинга для реки Амударья, которая является основой восстановления водных ресурсов рек Пяндж, Кафирниган, Кокча за 2000-2015 годы, являются г/п Атамырат (ранее - Керки).

Порядок восстановления рядов стока рек следующий:

- Рассчитывался ряд стока реки Амударья за 2000-2015 гг. в створе выше Гарагумдарьи на основе измеряемого стока в створе Атамыра плюс измеряемый водозабор в Гарагумдарью (Туркменистан) и Каршинский магистральный канал (Республика Узбекистан),
- Рассчитывался естественный ряд стока малого бассейна Амударьи за 2000-2015 гг, как сумма стока реки Амударья в створе выше Гарагумдарьи плюс безвозвратное водопотребление выше этого поста, включая бассейны рек Сурхандарья, Кафирниган, Вахш, Пяндж плюс/минус наполнение/сработка Нурекского водохранилища,
- Строились зависимости между годовыми стоками рек Кафирниган и Вахш, Кундуз на ретро-данных (до 2000 года),
- По полученным зависимостям рассчитывались годовые стоки рек Кафирниган, Кундуз за 1999/2000 – 2014/2015 гг.,
- Балансовым методам рассчитывался ряд стока реки Вахш, как разница между суммарным стоком бассейна Амударьи и рек Вахш, Кафирниган, Сурхандарья, Кундуз.

Годовые стоки рек трансформировались в средние месячные расходы, для чего использовались типовые гидрографы внутригодового распределения, построенные для лет различной водности.

Восстановленные ряды рек были использованы (как выборка за 2010-2015 гг.) в балансовых расчетах за базовый период, а также (вместе с данными до 20000 года) – как основа моделирования рядов на период 2017-2055 гг.

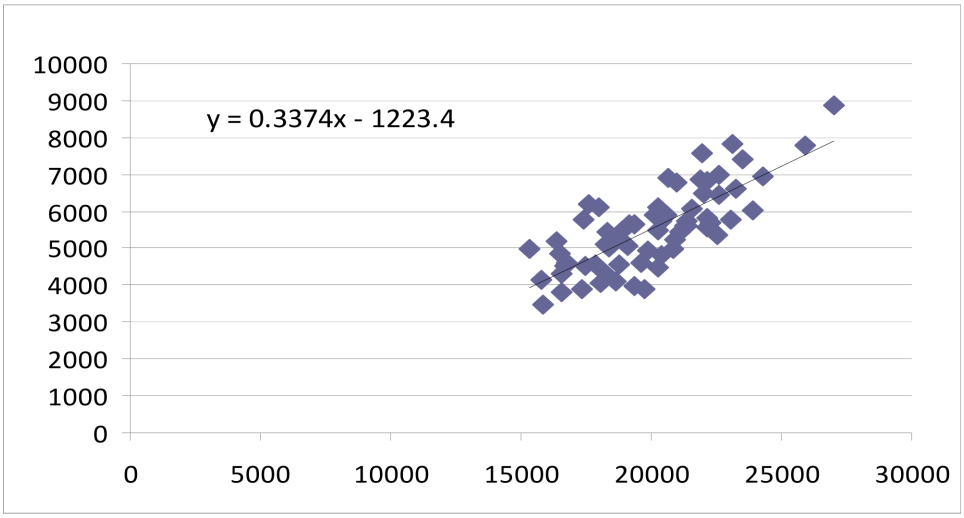


Рис. 25. Зависимость между годовыми стоками рек Вахш (ось X) и Кафирниган (ось Y), млн.м^3

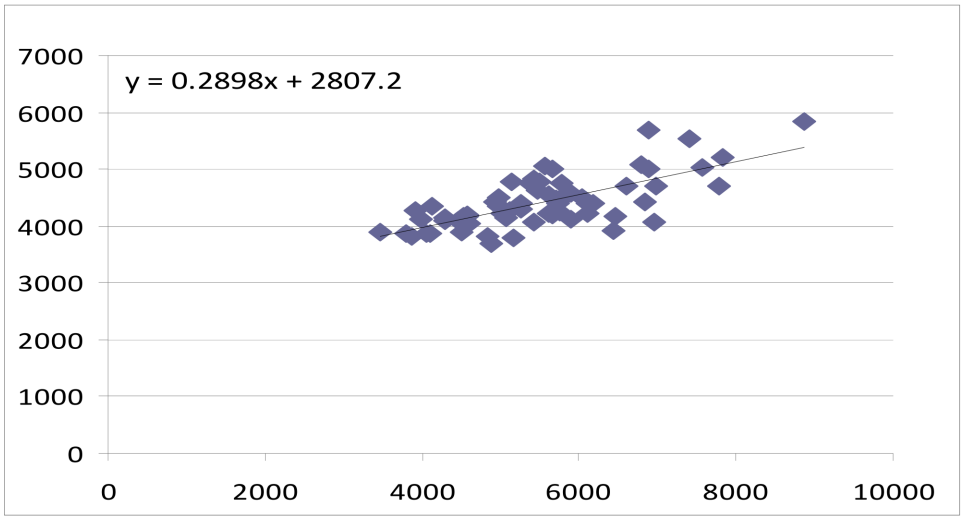


Рис. 26. Зависимость между годовыми стоками рек Кафирниган (ось X) и Кундуз (ось Y), млн.м^3

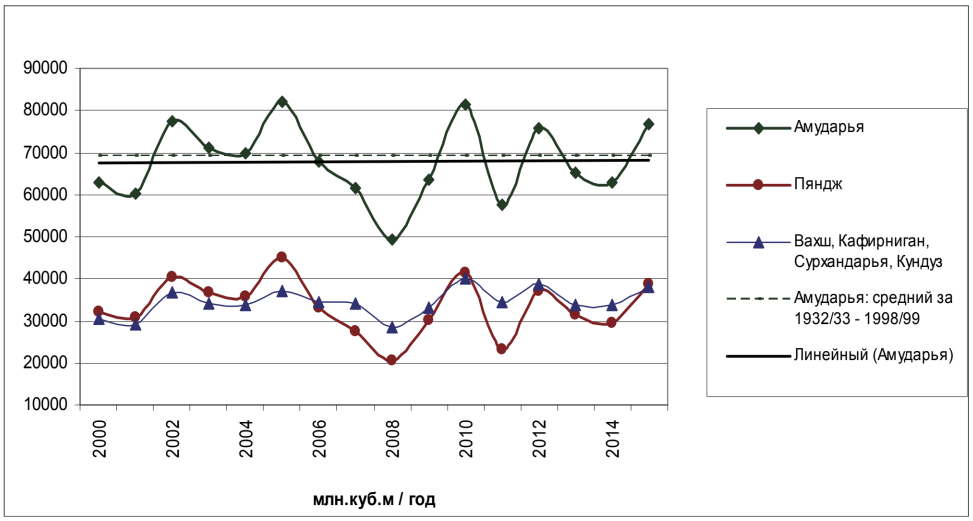


Рис. 27. Сравнение динамик стока рек бассейна Амударьи за 2000-2015 гг. (млн. м^3/год)

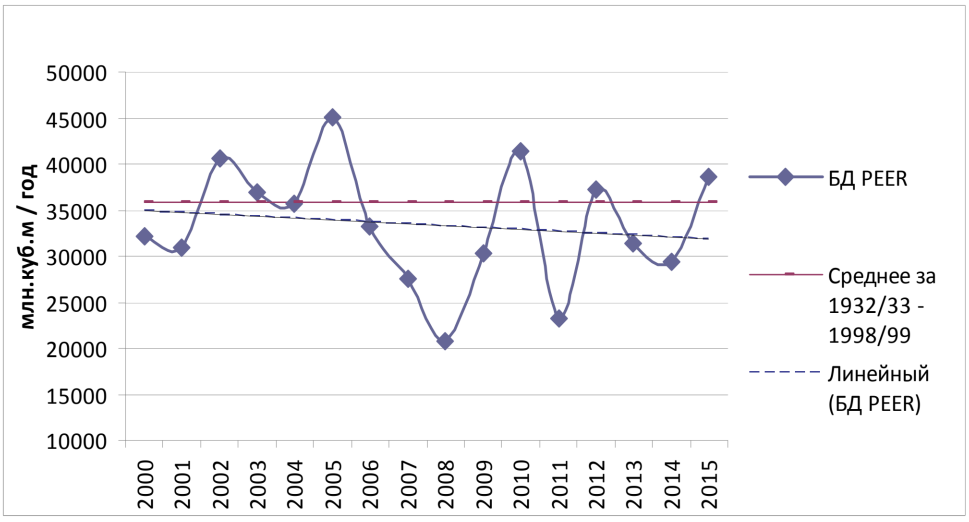


Рис. 28. Восстановленный сток реки Пяндж за 2000-2015 гг. (млн. м^3/год)

2.5.3. Русловые потери

Оценка русловых потерь реки Амударьи выполнялась многими авторами, по различным методикам, на основании фактических (измеренных) составляющих руслового баланса (РБ). Можно выделить два основных подхода расчета потерь. Первый подход – построение динамической модели руслового баланса, где в качестве отдельных элементов выделяются русловые потери (на испарение с водной поверхности, на фильтрацию); такая модель, как правило, рассчитывает изменение объемов воды в русле реки на расчетных участках (динамический фактор), поэтому, в расчетных значениях потерь динамический фактор не учитывается. Примерами таких моделей являются компьютерные модели, разработанные в НПО САНИИРИ (Сорокин А.Г., 2002] и НИЦ МКВК

(Сорокин А.Г., 2014). Модели используются для различных задач планирования распределения водных ресурсов Амударьи в качестве инструмента научных оценок, но официально не признаны как единый инструмент расчета потерь в регионе, и не получили должного распространения в странах бассейна. Второй подход – оценка потерь методом РБ для участков реки, - в этом случае потери оцениваются суммарно, без выделения фильтрационной составляющей и потерь на испарение, как выявленная невязка РБ; при таком подходе, как правило, потери включают и динамический фактор (величины изменения объемов воды в русле); качество оценок потерь стока по РВБ зависит от схемы расчета – выделения характерных временных периодов (подъем, спад паводка, межень) и характерных участков реки, близких по условиям трансформации стока, а также достоверности данных (при недостоверных данных в потери могут быть включены неучтенные водозаборы или (со знаком минус) неучтенная боковая приточность).

Влияние динамического фактора (изменения объема воды в русле) на русловые потери можно показать на фактическом РБ июля 2015 года. Относительные потери воды на участке реки г/п Келиф – г/п Бирата (Дарганата), в % от стока реки в г/п Келиф, в 1-ю и 2-ю декады июля 2015 года составили около 20 %, в третьей декаде они снизились до 3 %. Резкое снижение относительных потерь в третьей декаде можно объяснить следующим образом: в 1-й и во 2-й декадах на участке происходил подъем уровней воды в реке, вызванный ростом расхода воды в г/п Келиф, и часть стока была аккумулирована в русле реки (что было отражено в потерях); в третьей декаде паводок стабилизировался, и расходы даже несколько уменьшились, - в потерях это отразилось некоторой их компенсацией за счет сработки воды, накопленной в русле в предыдущей декаде.

После ввода в эксплуатацию Тюямуюнского гидроузла (ТМГУ), в середине 1980-х годов, когда водохранилища ТМГУ были заполнены и изменился режим реки Амударьи в низовьях, встала задача расчета РБ реки и потерь воды в водохранилищах и ниже ТМГУ в реке. Такие исследования, имеющие мощную экспедиционную базу, проводились с середины 1980-х до середины 1990-х в САНИИРИ; исследования включали натурные измерения, их обработку и компьютерное моделирование процессов формирования потерь (Сорокин А.Г., 2002). Использование в моделях САНИИРИ фильтрационных зависимостей, морфометрических зависимостей позволили рассчитывать потери из реки для любого по водности года, сезона, месяца. Гипотеза о наличии фильтрационной составляющей потерь подтверждается многими исследованиями, в том числе Проскуряковым А.К. (1953), Светитским В.П. (1985), Альтшулем А.Х. (1989).

Модельные исследования РБ САННИРИ были продолжены в НИЦ МКВК, было показано, что основной объем фильтрационных потерь наблюдается на участках Керки – Ильчик и Тюямуюн – Кипчак; на участке Ильчик – Бирата (Дарганата) выявлена постоянная фильтрационная приточность в русло реки.

В 60-х годах прошлого столетия В.Шульц (1965) оценил годовые потери воды из реки Амударьи в 7.6 км3. В проектных проработках Среднеазиатского отделения Гидропроекта (1971) к Генеральной схеме комплексного использования водных ресурсов р.Амударьи потери из реки (для условий среднемноголетнего стока) были оценены в 7.8 км3, в том числе на участке Керки – Чатлы в 6.6 км3 (на испарение приходится 4.7 км3). В начале 80-х годов при уточнении схемы комплексного использования Амударьи оценка потерь была снижена (Средазгипроводхлопок, 1984) – для маловодного года потери в реке приняты всего в 2.9 км3, в том числе в низовьях 1.96 км3 (или 7 % от стока реки в створе г/п Тюямуюн).

Расчеты, выполненные НИЦ МКВК на данных до 1990 года показывают, что в среднем течении реки Амударья, на участке Келиф-Бирата (Дарганата) при расходах

Амударьи менее 500 м^3/с средние потери за месяц не превышают 2..6 %, в условиях прохождения расходов более 500 м^3/с потери меняются в пределах 1..4 %. В нижнем течении расчетные потери выше: при расходах менее 500 м^3/с потери могут достигать 12..17 %, при расходах более 500 м^3/с потери меняются в пределах 6-14 %.

Оценка потерь по проекту Азиатского Банка Развития «RETA 6163 – Совершенствование управления совместными водными ресурсами в Центральной Азии» является результатом совместной работы стран бассейна – в ней участвовали эксперты из Региональной и национальных рабочих групп (www.cawater-info.net/reta/).

В рамках проекта RETA 6163 для периода 1989-2006 были составлены подекадные русловые балансы по участкам Келиф-Дарганата, Тюямуюн-Кипчак, Кипчак-Саманбай. Потери выражены в процентах от стока (или расхода) в начале расчетного участка, даны в ожидаемом диапазоне (Max, Min) для маловодного, многоводного нормального по водности года, для двух временных периодов: апрель-сентябрь, октябрь-март.

По оценкам проекта RETA, для участка Тюямуюн-Саманбай при расчетах РБ и распределении водных ресурсов величину русловых потерь рекомендуется принимать: за период октябрь-март в пределах 16-20 %, за апрель-сентябрь – в пределах 14-17 %. Для участка Келиф–Дарганата рекомендуемые максимальные значения потерь определены в 1.5-2 %.

2.5.4. Анализ данных БВО «Амударья»

В феврале 2011 года во исполнение протокольного решения 54-го заседания МКВК, от 14-15 января 2010 года в г. Шымкенте, со стороны НИЦ МКВК была организована комиссия с целью анализа данных БВО «Амударья». В работе комиссии приняли участие ведущие специалисты БВО «Амударья», НИЦ МКВК и его национальных филиалов. Комиссией на основании представленных материалов БВО «Амударья» был выполнен анализ русловых потерь на балансовых участках реки Амударья Келиф-Дарганата, Дарганата-Тюямуюн, Тюямуюн-Кипчак, Кипчак-Саманбай для лет различной водности в разрезе межвегетационных и вегетационных периодов за 1989/1990 – 2009/2010 годы. Величины водозаборов государств были подтверждены Актами сверок, которые хранятся в БВО.

Комиссией был составлен сводный русловой баланс реки Амударья за 2007/2008 – 2009/2010 годы и определены невязки руслового баланса. В таблице 2.5.1 приводятся значения невязок, полученных при сведении руслового баланса, которые можно отнести к потерям воды (знак «-») или неучтенной приточности на участках (знак «+»).

Таблица 16

Невязки руслового баланса реки Амударья за 2007/2008 – 2009/2010 годы

Участок	Наименование составляющих баланса	2007-2008	2008-2009	2009-2010
г/п Келиф – г/п Дарганата, L = 552 км	Сток р. Амударья - г/п Келиф, млн.куб.м	36209	52245	71359
	Сток р. Амударья – г/п Дарганата, млн.куб.м	17919	26634	47219
	Средний сток на участке, млн.куб.м	27064	39440	59289
	Невязка руслового баланса, млн.куб.м	+ 404	- 4737	- 4509
	в % от стока р. Амударьи по г/п Келиф	+ 1.1	- 9.1	- 6.3
	в млн.куб.м на 1 км реки	+ 0.73	- 8.6	- 8.2
2. г/п Дарганата - г/п Тюямуюн, L = 161 км	Сток р. Амударья - г/п Дарганата, млн.куб.м	17919	26634	47219
	Сток р. Амударья - г/п Тюямуюн, млн.куб.м	12261	18396	37304
	Средний сток на участке, млн.куб.м	15090	22515	42262
	Невязка руслового баланса, млн.куб.м	- 845	- 1822	- 3121
	в % от стока р. Амударьи по г/п Дарганата	- 4.7	- 6.8	- 6.6
	в млн.куб.м на 1 км реки	- 5.2	- 11.3	- 19.4
3. г/п Тюямуюн - г/п Кипчак, L = 167 км	Сток р. Амударья - г/п Тюямуюн, млн.куб.м	12261	18396	37304
	Сток р. Амударья - г/п Кипчак, млн.куб.м	6573	11570	28658
	Средний сток на участке, млн.куб.м	9417	14983	32981
	Невязка руслового баланса, млн.куб.м	- 3835	- 3603	- 4685
	в % от стока р. Амударьи по г/п Тюямуюн	- 31.3	- 19.6	- 12.6
	в млн.куб.м на 1 км реки	- 23	- 21.6	- 28.1
4. г/п Кипчак - г/п Саманбай, L = 68 км	Сток р. Амударья - г/п Кипчак, млн.куб.м	6573	11570	28658
	Сток р. Амударья - г/п Саманбай, млн.куб.м	651	1973	16152
	Средний сток на участке, млн.куб.м	3612	6772	22405
	Невязка руслового баланса, млн.куб.м	- 1480	- 1743	- 2143
	в % от стока р. Амударьи по г/п Кипчак	- 22.5	- 15.1	- 7.5
	в млн.куб.м на 1 км реки	- 21.8	- 25.6	- 31.5

Анализ невязок руслового баланса Амударьи за 2007/2008 – 2009/2010 годы показывает следующее:

- На первом участке (Келиф - Дарганата), в среднем течении Амударьи относительная невязка руслового баланса находилась в пределах + 1.1 … - 9.1 %, наименьшее значение отрицательной невязки (потери) наблюдалось в многоводном 2009–2010 году, в маловодном 2007–2008 году зафиксирован неучтенный приток в русло; в среднем за 2007/2008 – 2009/2010 годы невязка (потери) составили – 4.8 %, - это в 2.4 раза больше, чем максимальные значения потерь, рассчитанные в проекте RETA,
- На втором участке (Дарганата - Тюямуюн), в месте расположения Тюямуюнского гидроузла относительная невязка руслового баланса находилась в пределах - 4.7 … - 6.8 %, наименьшие значения отрицательной невязки (потери) наблюдались в многоводном 2009–2010 году и в маловодном 2007–2008 годах,
- На третьем участке (Тюямуюн - Кипчак), в нижнем течении Амударьи относительная невязка руслового баланса была наибольшей и достигала в маловодный год 31.3 %, в средний по водности год – 19.6 % и в многоводный – 12.6 %; на четвертом участке (Кипчак - Саманбай) потери несколько ниже (- 7.5 % … - 22.5 %); - по результатам проекта RETO в низовьях Амударьи максимальное значение невязки (потерь) оценивается в 20 %,

Удельные (на 1 км) невязки (русловые потери) растут вниз по течению и с увеличением расходов воды в реке; - если в среднем течении (Келиф - Саманбай) невязки изменяются в пределах + 0.73 … - 8.2 млн.куб.м на 1 км реки, то в низовьях (участок Кипчак – Саманбай) уже достигают - 21.8 … - 31.5 млн.куб.м на 1 км.

Для уточнения русловых потерь Амударьи за последние годы в рамках проекта PEER были составлены русловые балансы по участкам в разрезе сезонов гидрологических лет (октябрь-март, апрель-сентябрь) за 1991–2016 годы и рассчитаны невязки, отнесенные на потери стока. Получены зависимости русловых потерь от стока реки Амударья в начале участков.

На рис 29 приводится невязка руслового баланса на участке г/п Келиф – г/п Бир-Ата, в % от стока реки в начале участка – среднее течение Амударьи, а на рис 2.5.6 – невязки в нижнем течении Амударьи, от ТМГУ до г/п Саманбай. Поскольку при составлении баланса потери не рассчитывались, невязку с большой долей вероятности можно отнести к русловым потерям.

В среднем течении реки Амударьи (рис 30) на участке г/п Келиф – г/п Бир-Ата за период 1991/1992 – 2015/2016 наблюдался тренд на увеличение невязок руслового баланса, как в вегетационный, так и межвегетационный периоды. Положительные значения невязок соответствуют потерям стока, а отрицательные – неучтенной приточности. В среднем за период положительные невязки руслового баланса в межвегетацию составили 2.4 %, а в межвегетацию 4.6 % от стока реки Амударья в створе Келиф. Однако в отдельные годы невязки достигали: 14.9 % (2010–2011 г), 16.2 % (2012–2013 г).

Рост невязок в среднем течении нельзя отнести только на рост русловых потерь, - возможная причина роста невязок руслового баланса – снижение достоверности данных по стоку реки Амударья на границе среднего и нижнего течений, в створе Бир-Ата (Дарганата). Как показывают исследования прошлых лет, русловые потери на этом участке изменяются в пределах 2-9 %, не более.

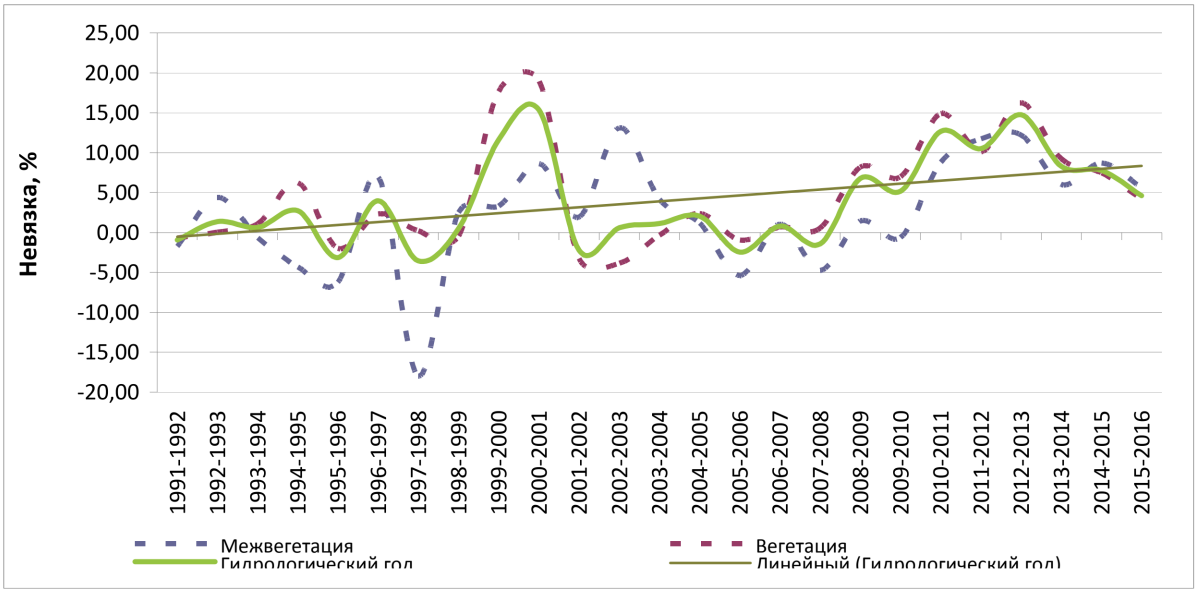


Рис. 29. Невязка руслового баланса на участке г/п Келиф – г/п Бир-Ата, в % от стока реки в начале участка

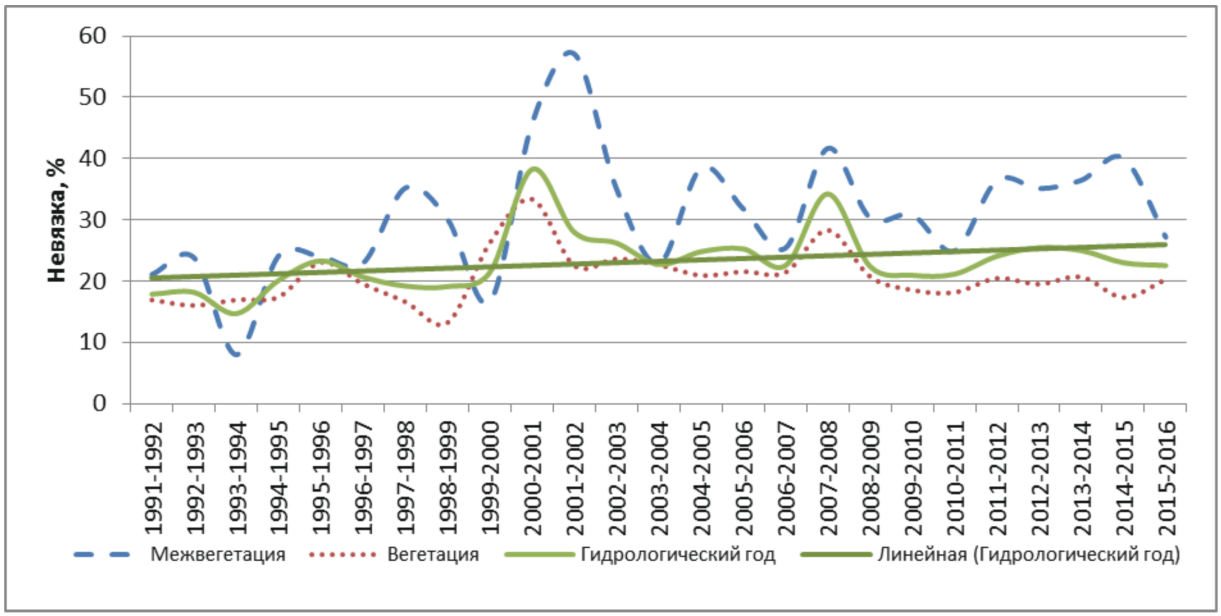


Рис 30. Невязка руслового баланса на участке г/п Келиф – г/п Бир-Ата, в % от стока реки в начале участка

Средняя за период 1991/1992 – 2015/2016 гг. невязка стока в нижнем течении Амударьи (участок г/п Тюямуюн – г/п Саманбай) составила: за межвегетационный период 30.6 % от объема попуска из ТМГУ, за вегетацию 20.6 %. Наблюдается тренд на снижение годовых невязок в абсолютных значениях с 8 до 6.5 куб.км, что свидетельствует не о снижении русловых потерь, а об улучшении учета стока в низовьях, как результате эффективной работы Комиссии по низовьям, решающей текущие проблемы и задачи распределения стока из ТМГУ и реки. По рекомендациям проекта RETO в веге-

тационный период потери стока не должны превышать 17 %, а в межвегетацию 20 %, что близко к фактическим невязкам руслового баланса последних 5 лет.

При расчете водных балансов реки Амударья в рамках проекта PEER рекомендуется использовать полученные зависимости невязок (потерь) на участке от стока реки в начале участка: для среднего течения (участок г/п Келиф – г/п Бир-Ата) – линейные зависимости (рис 31, 32), показывающие незначительный рост потерь в вегетацию и межвегетацию (в пределах 1…4 %) по мере роста расходов воды в реке, а для нижнего течения (участок г/п Тюямуюн – г/п Саманбай) – полиноминальные зависимости 2-й степени (рис 33, 34), дающие снижение потерь (в %) в маловодные и многоводные периоды, в пределах 20…30 % для межвегетации и 10…22 % для вегетации.

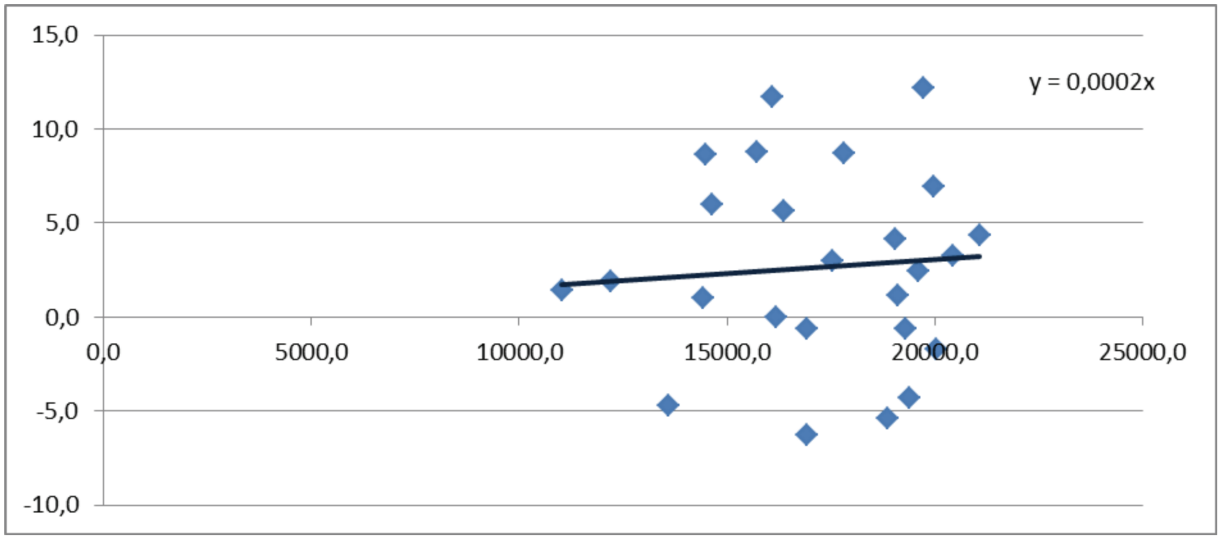


Рис. 31. Зависимость невязки руслового баланса на участке Келиф – Бир-Ата (Y, %) от стока Амударьи в створе Келиф (X, млн. м^3) за октябрь–март (по данным 1991-2017 гг.)

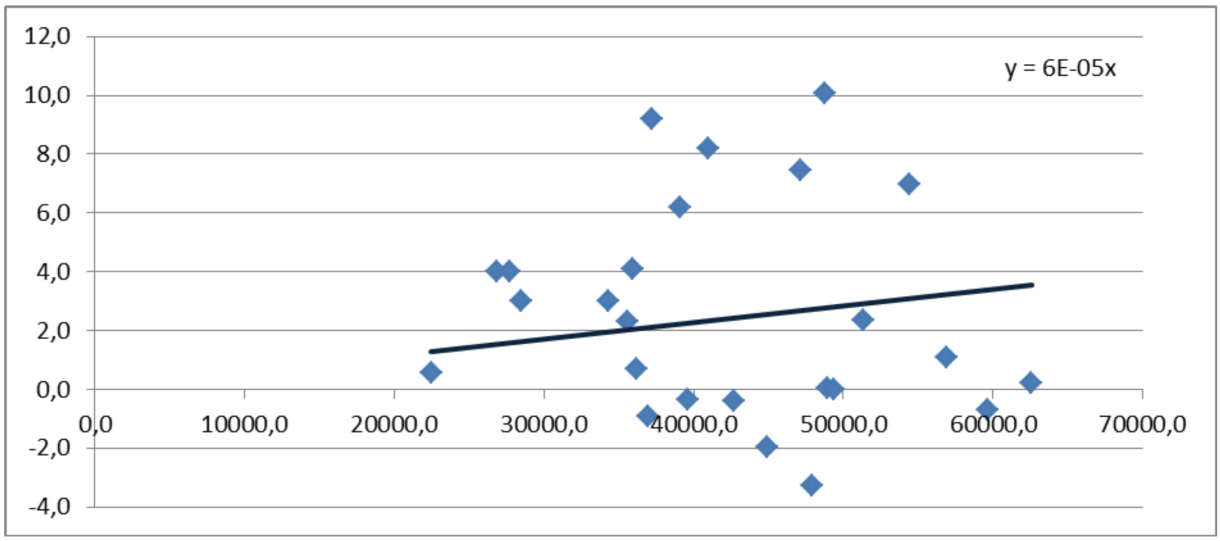


Рис. 32. Зависимость невязки руслового баланса на участке Келиф – Бир-Ата (Y, %) от стока Амударьи в створе Келиф (X, млн. м^3) за апрель–сентябрь (по данным 1991-2017 гг.)

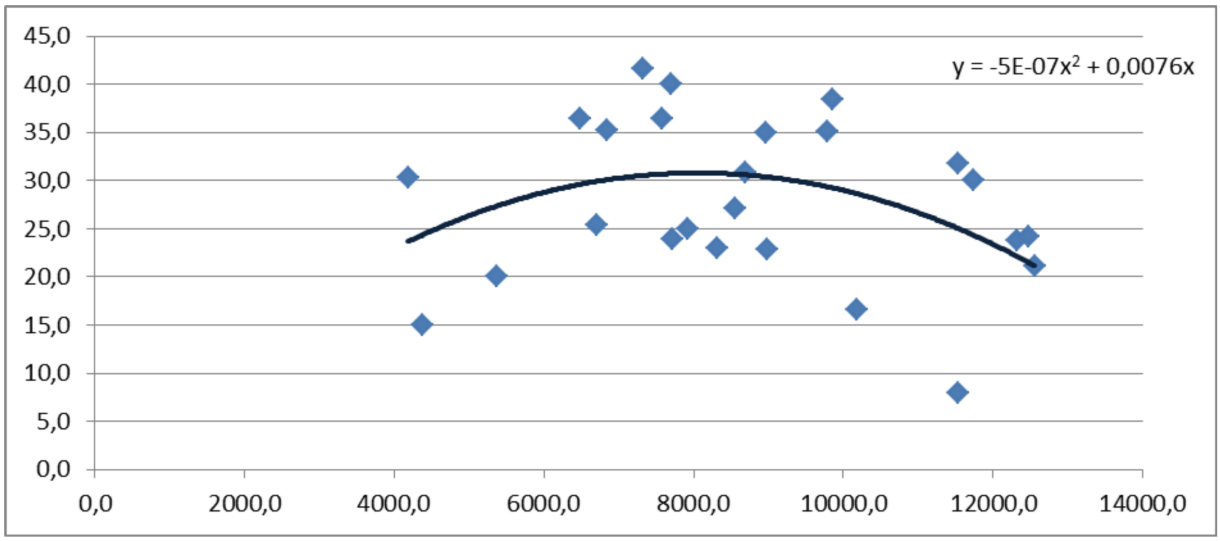


Рис. 33. Зависимость невязки руслового баланса на участке Тюямуюн–Саманбай (Y, %) от стока Амударьи ниже ТМГУ (X, млн. м^3) за октябрь–март (по данным 1991-2017 гг.)

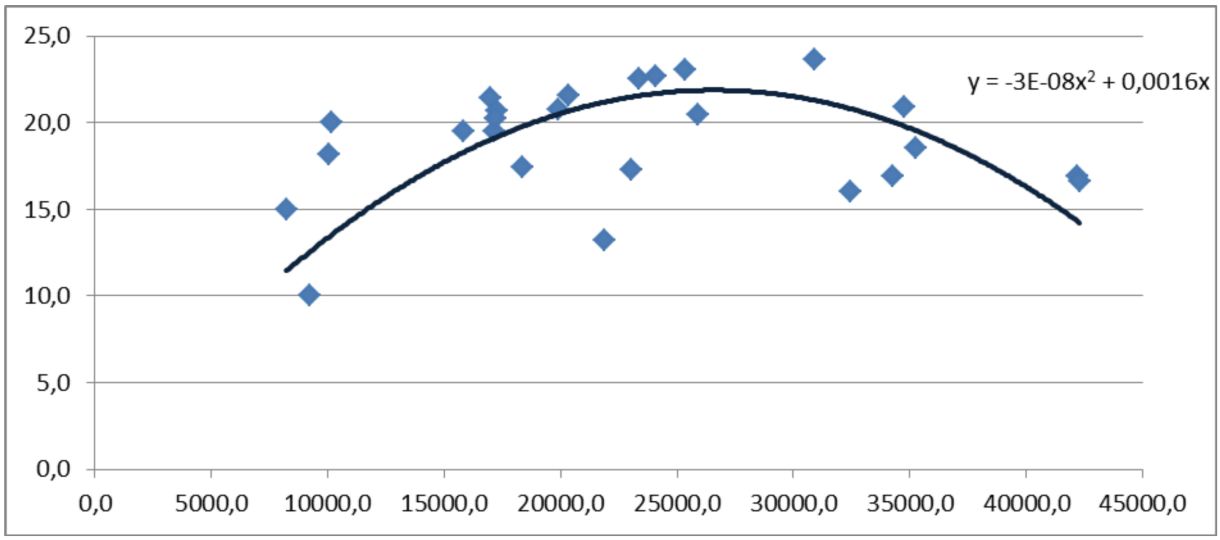


Рис. 34. Зависимость невязки руслового баланса на участке Тюямуюн–Саманбай (Y, %) от стока Амударьи ниже ТМГУ (X, млн. м^3) за апрель-сентябрь (по данным 1991-2017 гг.)

Для участка реки г/п Бир-Ата – г/п Тюямуюн, на котором расположены водохранилища Тюямуюнского гидроузла (ТМГУ), зависимости невязок водного баланса (потерь) от стока Амударьи в начале участка (Бир-Ата) не найдены. Потери воды из наливных водохранилищ ТМГУ (Капарас, Султансанджар, Кошбулак) зависят от сезона и испаряемости с водной поверхности водохранилищ, а для Руслового водохранилища – от его наполнения: при полном водохранилище (отметки 128-130 м) происходят фильтрационные потери воды из водохранилища (с частичным выклиниванием в реку в нижнем бъефе плотины), а при пустом водохранилище (отметки 116-120 м) – фильтрационный приток в водохранилище из подземных горизонтов. Невязка водного баланса на

этом участке зависит не только от потери воды на испарение и фильтрацию, но и точности (достоверности) учета стока реки Амударья по притоку к Русловому водохранилищу (г/п Бир-Ата и водозабор на участке Бир-Ата – приток к ТМГУ). На рисунке 35 показана динамика невязок водного баланса на участке расположения ТМГУ (г/п Бир-Ата – г/п Тюямуюн) с трендом на значительное снижение невязок за период 1991/1992 – 2015/2016 гг.

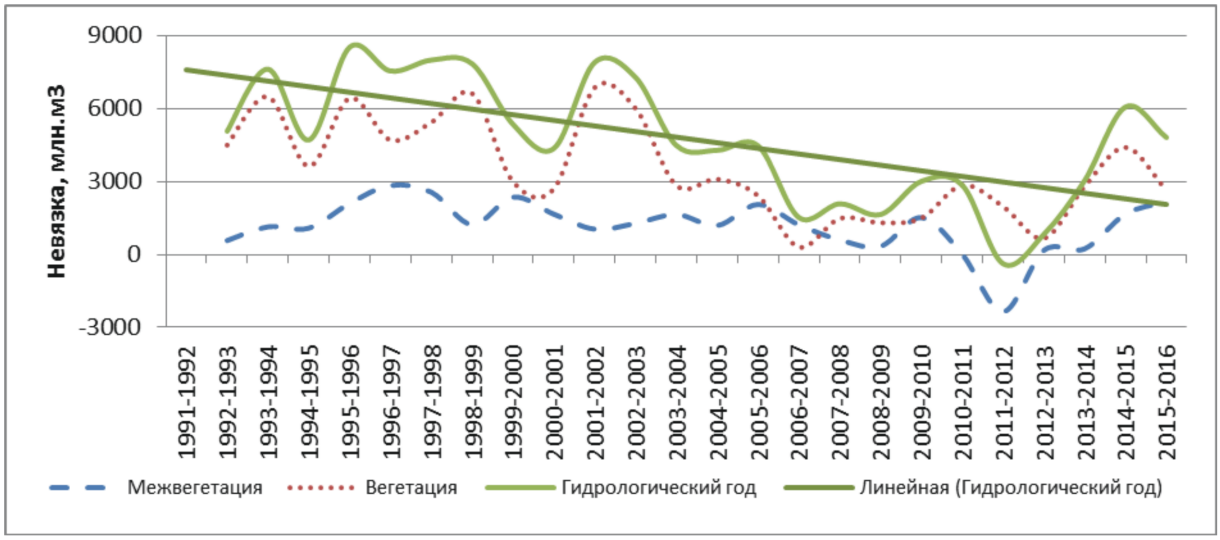


Рис. 35. Невязки водного баланса на участке г/п Бир-Ата – г/п Тюямуюн

2.5.5. Возвратный сток

Функции возвратного стока определены по участкам реки, по стоку коллекторов, впадающих в реку, в зависимости от водозабора из реки; сток коллекторов и водозабора суммировались по зонам планирования.

Для составления руслового баланса реки Амударья на перспективу (2016-2055 гг) необходимо уметь рассчитывать объемы возвратного стока, поступающего в реку по коллекторам. По сценариям в нижнем течении Амударьи и с левого берега среднего течения сбросы по коллекторам будут прекращены, с правого берега среднего течения коллекторный сток будет поступать с Каршинской и Бухарской ЗП. В таблицах 3.1 и 3.2 приводятся результаты тестирования линейных функций, позволяющих рассчитывать возвратный сток с Каршинской и Бухарской ЗП в зависимости от объема водозабора из Амударьи по Каршинскому и Амубухарскому магистральным каналам.

Для примера, приведем зависимости возвратного стока (Y) от водозабора (X) для Бухарской ЗП:

- период с апреля по сентябрь $Y = 0.162*X + 11.96$, $R2 = 0.62$
- период с октября по март $Y = 0.328*X + 106.21$, $R2=0.61$

Сравнение расчетных и фактических значений возвратного стока, сбрасываемого в реку Амударью с Каршинской и Бухарской ЗП показывает, что расчет по линей-

ным зависимостям дает приемлемый результат: среднее за 2010-2015 гг. отклонение фактических значений от расчетных в вегетацию составляет 3-4 %, в межвегетационный период - 0-3 %. Сравнение расчетных и фактических значений возвратного стока, формируемого в зонах планирования, показало следующее. В среднем за 2010-2015 гг., в ЗП Республики Узбекистан годовые объемы возвратного стока отличаются от расчетных значений на 1-10 %, в ЗП Туркменистана – на 3-10 %.

В таблицах 17 и 18 приводится сравнение расчетных и фактических значений возвратного стока, поступающего в реку Амударью с Каршинского и Бухарского массивов за базовый период.

Таблица 17

Сравнение расчетных и фактических значений возвратного (коллекторного) стока, поступающего в Амударью с Каршинской ЗП, млн.м^3

Показатель	Период	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
Сток Каршинского канала	окт-мар	1501	1661	1497	1402	1340	1480
	апр-сен	2214	2401	2306	2297	2308	2305
	окт-сен	3715	4063	3803	3700	3648	3786
Возвратный сток в реку Амударью с Каршинской ЗП - расчет	окт-мар	55	114	53	34	8	53
	апр-сен	427	439	433	432	433	433
	окт-сен	482	553	486	466	441	486
Возвратный сток в реку Амударью с Каршинской ЗП - факт	окт-мар	57	102	50	30	10	50
	апр-сен	448	479	419	391	369	421
	окт-сен	505	581	469	421	379	471
Отклонение: факт-расчет	окт-мар	2	-12	-3	-4	2	-3
	апр-сен	22	39	-13	-41	-64	-11
	окт-сен	24	28	-17	-45	-62	-15

Таблица 18

Сравнение расчетных и фактических значений возвратного (коллекторного) стока, поступающего в р. Амударью из Бухарской ЗП, млн.м^3

Показатель	Период	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
Сток Амубухарского канала	окт-мар	1845	1524	1632	1705	1889	1719
	апр-сен	2915	3374	3177	3179	3405	3210
	окт-сен	4760	4898	4808	4884	5294	4929
Возвратный сток в реку Амударью с Бухарской ЗП - расчет	окт-мар	711	606	641	666	726	670
	апр-сен	484	558	527	527	564	532
	окт-сен	1196	1165	1168	1192	1289	1202
Возвратный сток в реку Амударью с Бухарской ЗП - факт	окт-мар	679	647	607	657	772	672
	апр-сен	428	549	516	501	615	522
	окт-сен	1107	1196	1123	1158	1387	1194
Отклонение: факт-расчет	окт-мар	-32	41	-34	-9	46	2
	апр-сен	-56	-9	-11	-26	51	-10
	окт-сен	-89	32	-45	-34	97	-8
Отклонение: факт-расчет, %	окт-мар	-5	6	-6	-1	6	0
	апр-сен	-13	-2	-2	-5	8	-3
	окт-сен	-8	3	-4	-3	7	-1

2.5.6. Переброска КДС в связи с строительством туркменского озера «Алтын Асыр»

Идея вывода коллекторно-дренажных (КДВ) из границ орошаемых земель Туркменистана появилась еще в 1960-е годы, - тогда возникло предложение о создании Транскаспийского коллектора, который должен был собрать КДВ Мургабского и Тедженского орошаемых массивов и направить их в Каспийское море. В 1970-е годы в ашхабадском институте «Туркменгипроводхоз» был разработан проект переброски дренажных вод Мургабского и Тедженского массивов в естественную впадину Центральных Каракумов Карашор – огромной соленой пустыне, длина которой достигает 120 км, а ширина 25 км.

Основная цель современного проекта озера Золотого века несколько другая – сбор КДВ, поступающих до настоящего времени в реку Амударью и Сарыкамышское озеро (по межгосударственным магистральным коллекторам), их транспортировка и накопление в Карашоре, которая должна в будущем по замыслу проектировщиков стать туркменским озером XXI века (Алтын Асыр). Туркменское озеро строится на основании Постановления Президента Туркменистана ПП-3172 от 31 августа 2000 года.

В Национальной программе «Стратегия экономического, политического и культурного роста Туркменистана на период до 2020 года» предусмотрено увеличить пло-

щадь используемых орошаемых земель; планируемся, что строительство только Главного коллектора, питающего озеро «Алтын Асыр», позволит обводнить 3 миллиона гектар пастбищ и дополнительно содержать 1.4 миллиона голов овец и коз. Вдоль трассы этого коллектора расположены 800 тысяч гектар пустынных почв, которые планируется оросить дренажными водами. Вблизи овцеводческих ферм планируется создать участки орошаемых земель, на которых будут выращиваться сельскохозяйственные культуры (люцерна, ячмень, бахчевые, корнеплоды и др.). На базе Туркменского озера планируется развить в Каракумах рыбное хозяйство (Туркменское озеро «Алтын Асыр», Ашхабад, 2009). Длина озера «Алтын Асыр» составит 103 км, ширина - 18,6 км, средняя глубина - 69 м, площадь - около 1.9 тыс.км^2, объем - 132 км^3. Предполагается ежегодно отводить в него до 10 км^3 КДВ. Заполнить озеро планируется в течение 15 лет.

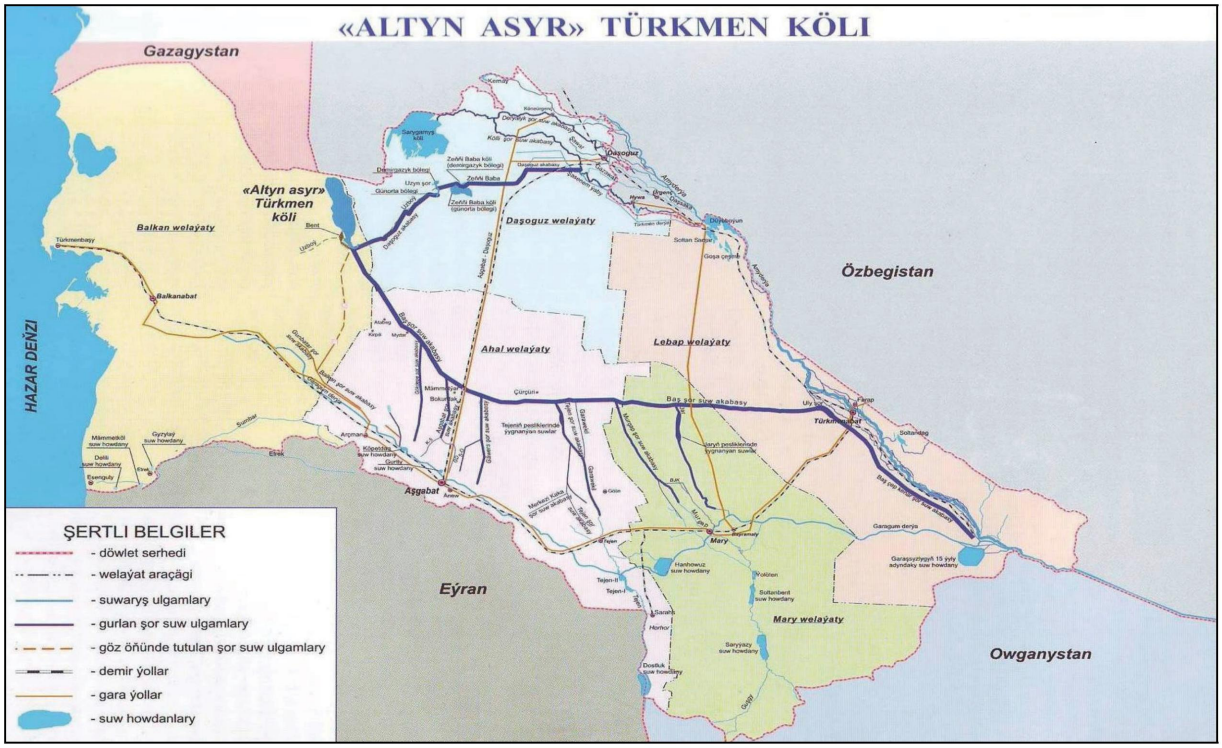


Рис. 36. Схема подводящих коллекторов в озеро «Алтын Асыр»

Озеро «Алтын Асыр» должно принять КДВ по Дашогузскому (Северному) тракту расходом 210 м^3/с и Главному коллектору (Южный тракт). Северный тракт должен направить КДВ с орошаемых земель Дашогузского велоята и части КДВ Хорезмской области Республики Узбекистан по Озерному (150 м^3/с) и Дарьялыкскому (60 м^3/с) коллекторам. Трасса Дашогузского тракта будет проходить по трем естественным впадинам; первая из них – впадина Зенги Баба объемом 2.7 км^3 , вторая – Узын шор - 0.76 км^3 , третья – Атабай шор – 0.02 км^3 .

Южный тракт (максимальный расход в устье 240 м^3/с) полностью будет отводить КДВ с Лебапского, Марыйского и Ахалского велаятов, - примет дренажные воды Главного Мургабского и Тедженского Центрального коллекторов. В случае реализации проекта переброски КДВ с туркменской территории правого берега Амударьи, КДВ могут быть собраны объединительным коллектором и расходом 60 м^3/с с правого берега переброшены на левый берег Амударьи, и далее – в систему коллекторов Главного

(Южного) коллектора (возможна альтернатива – оставить КДВ на правом берегу и направить их в озеро Судочье; такой сценарий можно реализовать в случае подписания соглашения между Туркменистаном и Узбекистаном, согласно которому КДВ Туркменистана правого берега Амударьи будут направлены в низовья Амударьи для совместного использования). На трассе Главного коллектора (Южный тракт) будет создано три озера суммарной емкостью 1.2 км^3 .

Коллекторно-дренажные воды Туркменистана формируются в Лебапском, Дашогузском, Марыйском, Ахалском и Балканском зонах планирования (велаятах).

В диагностическом докладе «Рациональное и эффективное использование водных ресурсов в Центральной Азии», подготовленном специальной экономической программой в ЦА - SPECA (ООН, 2000), объем формирования возвратных вод Туркменистана за 1990-2000 годы в среднем оценивается в 4.05 км^3/год, в том числе: коллекторно-дренажный сток от орошения – 3.8 км^3, сточные воды – 0.25 км^3; водоотведение осуществляется в реки в объеме 0.91 км^3 и в понижения – 3.1 км^3.

Более поздние оценки стока коллекторно-дренажных вод Туркменистана - 6 км^3 (Сапаров У.Б, Голубченко В.Г., 2010; Оценочный доклад «Управление возвратными водами в Туркменистане», 2011; Костяной А.Г. и др., 2012).

Собранные в рамках проекта PEER данные показывают, что современный объем возвратных вод Туркменистана (средний за 2010-2015 годы) оценивается в 5.8 км^3 / год, в том числе: в Ахалской зоне планирования - 0.5 км^3/год, в Мары – 1.3 км^3 /год, в Дашогузе – 2.2 км^3 /год, Лебапе – 1.8 км^3/год. В Лебапской зоне планирования из сформированного коллекторно-дренажного стока около 1.4 км^3 (78 %) сбрасывается в Амударью, а остальная часть отводится в понижения. В многоводные сезоны сбросные воды Мары и Ахала пополняются паводковыми расходами из рек Мургаб и Теджен.

В перспективе в Туркменское озеро планируется подавать ежегодно до 10 км^3 воды, в том числе: с Ахала, Мары и Лебапа – 3-4 км^3 по Главному (Южному) коллектору и 6-7 км^3 по Северному коллектору с Дашогуза. В тоже время, современный объем КДВ Туркменистана не превышает 6 км^3. Чтобы обеспечить планируемые объемы притока КДВ в озеро «Алтын Асыр», необходимо будет увеличить подачу воды с Дошогуза, перенаправив часть стока с Сарыкамышского озера в Северный коллектор, в том числе и КДВ Республики Узбекистан, сформированные в Хорезме.

Поскольку проект озера «Алтын Асыр» предполагает использование части стока, сбрасываемого в Сарыкамышское озера, общий поток КВД, направляемого в озеро «Алтын Асыр» может быть увеличен с сегодняшних 6-7 км^3 до 8 км^3. Увеличение объемов подачи КДВ в «Алтын Асыр» до 10 км^3 в проекте PEER не рассматривается, поскольку такой сценарий приведет к деградации Сарыкамышского озера. Это не означает, что вся эта вода (в объеме 8 км^3 за многолетний период) дойдет до озера «Алтын Асыр», - часть КДВ будет истрачена по трассе коллекторов, а часть потеряна.

В перспективе (2030, 2050 гг.) объем КДВ Туркменистана, направляемый в «Алтын Асыр», не сможет превысить (в среднем за многолетний период) 8 км^3, поскольку: i) будет сохранен минимальный попуск в Сарыкамышское озеро (по нашей оценке около 3 км^3), ii) рост водозабора из Амударьи по реке Гарагумдарья (Каракумский канал) не предусматривается, а сток местных рек (Теджен, Мургаб) полностью используется, iii) существует тенденция по увеличению доли используемых КДВ в границах их формирования.

В случае перехвата КДВ, формируемых в хорезмской области Республики Узбекистан, поступающих до настоящего времени в Сарыкамышское озеро, и транспортировки их в озеро Золотого века, Сарыкамышское озеро ежегодно может терять по притоку до 3 км^3, что непременно скажется на его водном балансе. В настоящее время площадь водной поверхности Сарыкамышского озера оценивается приблизительно в

3.7 тыс. км^2, длина – 120 км, ширина – 40 км, поступление КДВ – 4,5 км^3 в год, ежегодные потери воды в озере оцениваются приблизительно в 3 км^3.

Прекращение сбросов КВД в Сарыкамышское озеро приведет к его деградации, с негативными последствиями по уменьшению площади озера, в том числе и на территории Республики Узбекистан (в настоящее время около 20 % территории озера находится в Узбекистане), повышению уровня минерализации воды, засолению прибрежных земель, потере рыбопродуктивности (рыбопродуктивность Сарыкамышского озера в настоящее время сохранилась лишь в том месте, где в озеро впадают коллектора).

Для сохранения Сарыкамышского озера как водной экосистемы бассейна Аральского моря в него необходимо подавать минимальный экологический попуск (не менее 3 км^3 в год).

Отвод КДВ с Лебапского велаята приведет к прекращению сброса КДВ в Амударью и уменьшению стока реки в объеме 1.0-1.6 км^3 в год, что составляет в среднем около 6 % выделяемого для Туркменистана лимита на водозабор из реки Амударья. Соответственно, на 0.8-1.3 км^3 уменьшится приток в Приаралье.

В тоже время, прекращение сброса КДВ в Амударью с Туркменистана (с минерализацией до 2.5 г/л) будет способствовать улучшению качества водных ресурсов Амударьи.

Система коллекторов озера Золотого века будет объединена с системой орошения Гарагумдарьи (Каракумского канала), что технически позволит сбрасывать неиспользуемую воду оросительных систем Каракумского канала и, возможно, сверхлимитные водозаборы из реки Амударьи в озеро Золотого века, с целью их дальнейшего использования в народном хозяйстве Туркменистана.

Сценарий по которому возможно осуществление сверхлимитных водозаборов должен быть в будущем исключен юридически (соглашением). В настоящее время в доступных информационных источниках (Оценочный доклад «Управление возвратными водами в Туркменистане», 2011) подчеркивается, что озеро будет наполняться исключительно КДВ и ни в коей мере не за счет дополнительного водозабора из Амударьи.

Главным риском в долговременном существовании Золотого озера является типичное для всех замкнутых водоёмов явление накопления солей и повышения минерализации. Если не будет обеспечена проточность водоёма или достаточно быстрое осаждение солей на дно, как это было при существовании Аральского моря до1960 года, в озере будет идти быстрое накопление солей и его биологическая деградация аналогично Сарыкамышу и другим замкнутым водоёмам. Многочисленные примеры мировой практики показывают, что при отсутствии проточности и дренированности в подобных бессточных водоёмах идёт соленакопление (озеро Моно, Солт-Лейк и Тулар в США; Чад и Виктория в Африке; Айдар и Сарыкамыш в Центральной Азии). Устойчивость таких водоёмов по балансу солей в воде, требует управления ими. Необходимым условием реализации проекта Золотого озера должно стать новое Соглашение между Туркменистаном и Узбекистаном, в котором должны быть оценены риски по снижению стока Амударьи, поступающего в низовья, для Республики Узбекистан и прописаны условия, позволяющие их минимизировать. Основным трактам проекта озера Золотого века предлагается придать статус объектов межгосударственного значения и влияния, поскольку они используют КДВ, формируемые стоком подобным бессточным водоёмам трансграничной реки Амударья.

Новым Соглашением необходимо оговорить минимальный экологический попуск, направляемый в Сарыкамышское озеро, который обеспечил бы его сохранение как водной экосистемы межгосударственного значения, с соответствующими долями от

Туркменистана 80 % и Узбекистана 20%. Соглашением должны быть усилены меры по дополнительному контролю за водозабором из реки Амударьи (включая водозабор в Гарагумдарью), а также по мониторингу расходов коллекторов, включая коллектора Северного и Южного трактов проекта. Необходимо договорится об оперативном обмене данными между странами по использованию КДВ

2.5.7. Экологические попуски

Южное Приаралье (далее – Приаралье) рассматривается нами как экосистема «Дельта-море» – единая система озер и ветландов, расположенных в дельте реки Амударья, имеющих определенную потребность в ежегодных водных ресурсах. Приаралье включает Междуреченское водохранилище на реке Амударья, ряд озер и водоемов (озеро Судочье, Джилтырбас и др.), а также Восточную и Западную части Большого Аральского моря. Потребность в водных ресурсах Приаралья определяется необходимостью поддерживать его устойчивое функционирование на определенном уровне - пополнять водой озера дельты, осуществлять проточность, подавать воду в Арал, а также поддерживать санитарные расходы по реке Амударья. В данные требования не входят санитарно-экологические попуски в каналы нижнего течения, выделяемые ежегодно МКВК в объеме 800 млн. $м^3$, в том числе: по Дашогузской зоне планирования (велаяту) – 150 млн. $м^3$, по Хорезмской зоне планирования - 150 млн. $м^3$, по Республике Каракалпакстан - 500 млн. $м^3$.

В начале 2000-х годов НИЦ МКВК выполнил расчеты по сценарной оценке притока воды в Приаралье по реке Амударья (Dialogue on water and Climate: Aral Sea Basin Case Study/ Project # 12.130.021, 2002.) на 2000-2020 годы для сценария «сохранение существующих тенденций» и сценария «оптимистичный», с учетом возможного изменения климата. По первому сценарию средняя годовая приточность в Приаралье составила 4.7 $км^3$ в год, по второму - 9,4 $км^3$. Фактическая подача воды в Приаралье за прошедший период после 2000 года (2000-2016 годы) по реке Амударья в г/п Саманбай составила в среднем 4.6 $км^3$ в год, т.е практически совпала с результатами расчетов по сценарию «сохранение существующих тенденций».

На рисунке 37 приводится динамика стока реки Амударья в г/п Саманбай начиная с 1990 по 2016 годы, по месяцам, - наблюдается тренд на снижение объемов речного стока, который можно выразить линейной функцией, с значениями объемов притока от 1 $км^3$ в месяц (12 $км^3$ в год) в начале периода до 90 млн. $м^3$ в месяц (1,1 $км^3$ в год) в конце периода. В среднем сток реки за данный период оценивается в 570 млн. $м^3$ в месяц, что составляет около 7 $км^3$ в год. На рисунке 38 приводится динамика притока воды в Приаралье за 1990-2016 годы, включающего речной сток и сток коллекторов. В среднем за период приток в Приаралье оценивается в 744 млн. $м^3$ в месяц, что составляет около 8.9 $км^3$ в год. Неравномерность притока и тренд на его снижение можно проследить также на рисунке 39, показывающем сток реки по сезонам (апрель–сентябрь, октябрь–март). В отдельные годы приток в Приаралье был меньше необходимого санитарного попуска, который согласно Уточненной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов (1984 год) определен в 3.2 $км^3$ в год. Еще раньше, в Генеральной схеме КИВР Амударьи 1971 года подача воды в Приаралье (для уровня 1980 года) была определена в 5.5 $км^3$ для среднего по водности года и в 1.97 $км^3$ для маловодного (90 % обеспеченности) года. В конце 1990-х подача воды в Приаралье

была определена МКВК в размере 5 км^3 в год, в том числе на вегетацию (апрель – сентябрь) – 3 км^3.

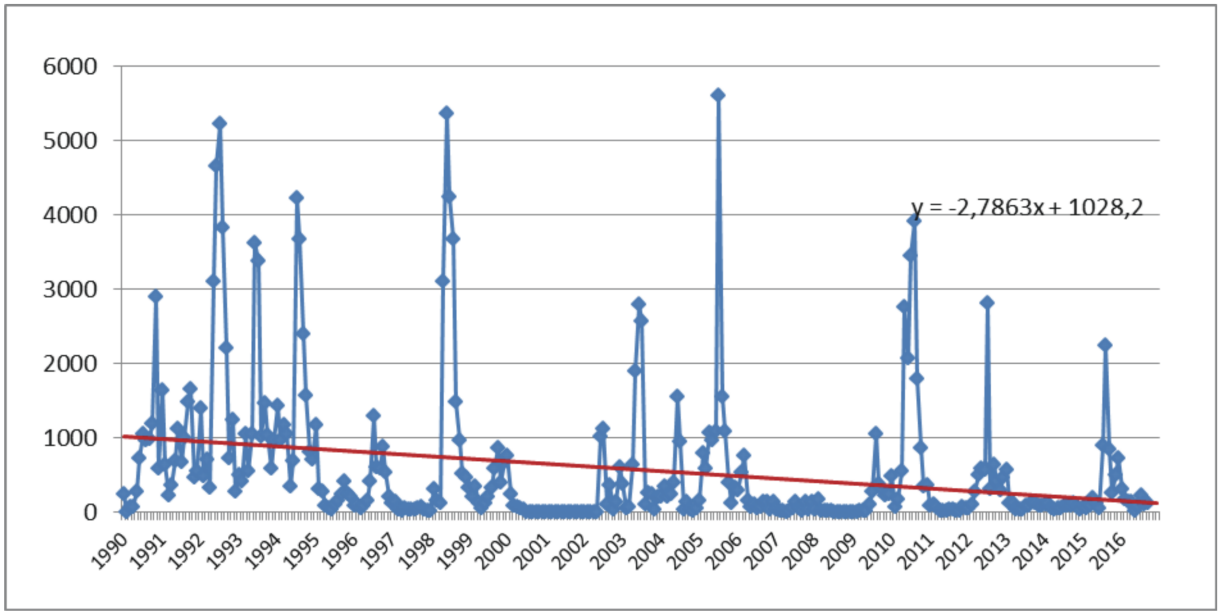


Рис 37 Динамика стока реки Амударья в г/п Саманбай, млн. м^3/мес

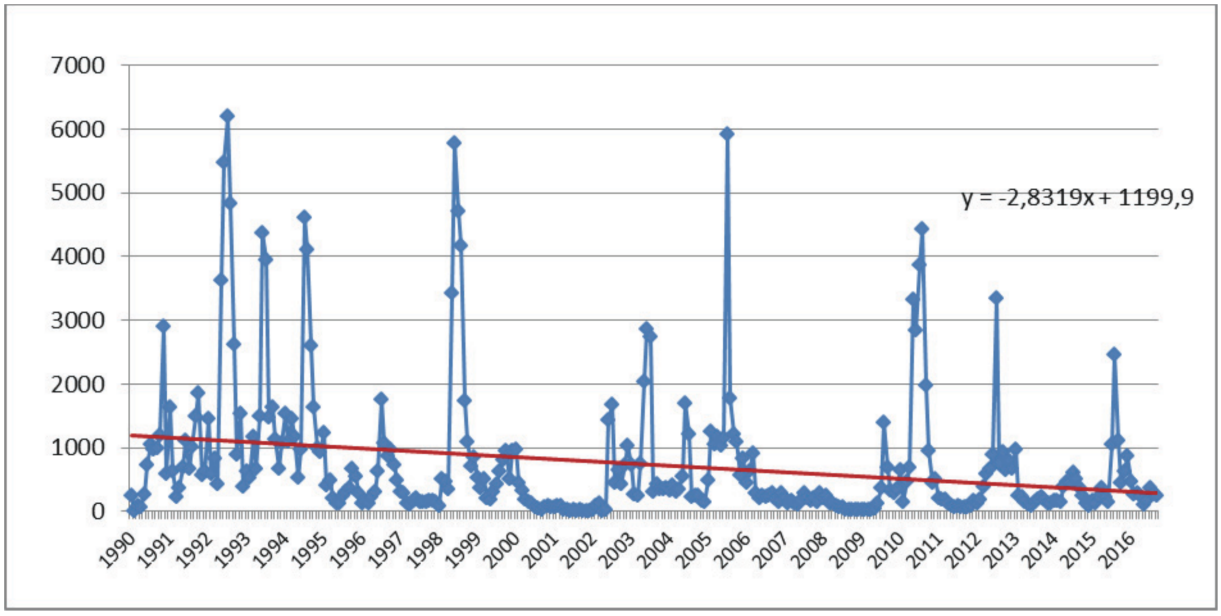


Рис. 38. Динамика притока воды в Аральское море, млн. м^3/мес

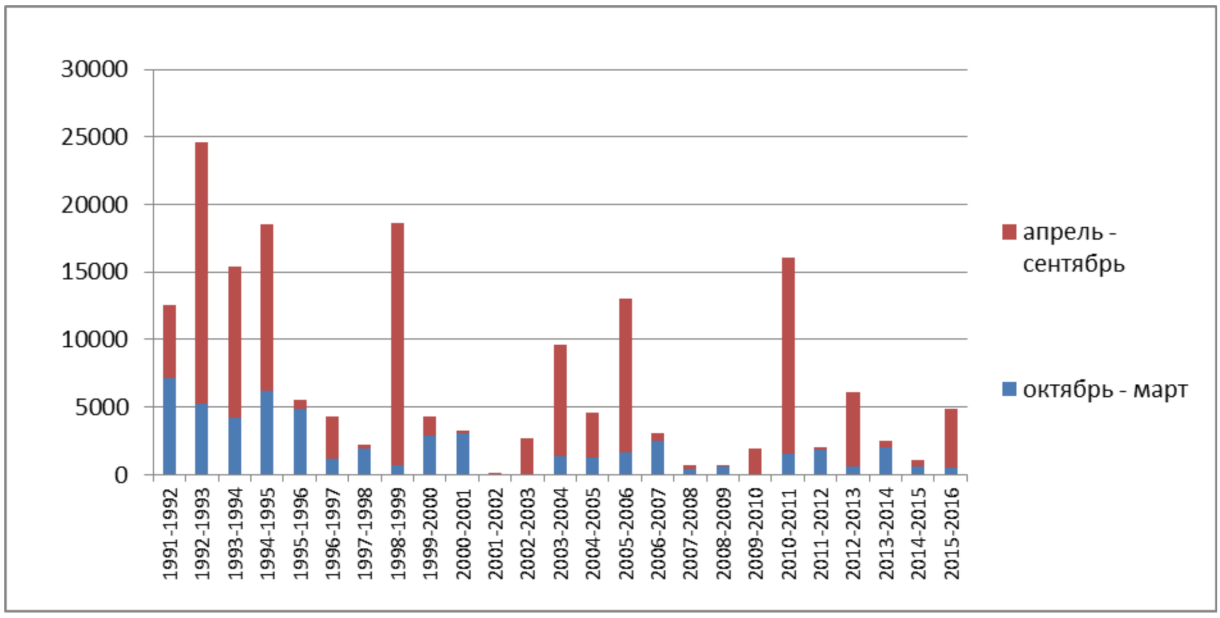


Рис. 39. Сток реки Амударья в г/п Саманбай, млн. м^3/сезон

Подача в Приаралье по реке и коллекторам, а также санитарно-экологические попуски в ирригационные системы были включены в лимиты, на основе приложения № 1 к протокольному решению МКВК в г. Дашогузе 11–12 июня 1999 года.

Таким образом, требуемый годовой объем подачи воды в Приаралье на основании выполненного анализа можно установить в 4.5-8 км^3, - данная вода должна быть направлена на покрытие потерь в озерах и подачу воды в Большой Арал.

По результатам проекта NATO SEP (Оценка социально-экономических последствий экологического бедствия – усыхания Аральского моря, НИЦ МКВК, 2001) годовые потери воды в озерах и ветландах Приаралья оцениваются в 3.45 км^3, а с учетом проточности (сброса в Арал) – в 5.2 км^3. В случае опорожнения озер и высыхания ветландов для их заполнения необходимо дополнительно около 3.7 км^3 (Сорокин А.Г, Тучин А.И. и др., 2003).

В настоящее время по данным, проводимого НИЦ МКВК мониторинга на базе спутниковых снимков Landsat 8, площадь водной поверхности ветландов Приаралья составляет 40.5 тыс.га (на 19 сентября 2016 года), в том числе: по озеру Судочье – 22 тыс га, Междуреченскому водохранилищу – 5.4 тыс.га, озеру Рыбачье – 3.1 тыс.га, Джилтырбарсу – 6.2 тыс.га. Динамика площадей водной поверхности трех крупнейших водоемов Приаралья за последние 5 лет приводится на рисунке 40.

При подаче в Приаралье 4,5-8 км^3/год речной воды, в Аральское море поступает 1,5-3,5 км^3 в год. Дополнительно к этому объему осуществляется подача воды по коллекторам, а также возможен сброс с Северного Аральского моря (САМ), т.е с бассейна реки Сырдарьи. За последние 5 лет (2011-2016 годы) средний годовой приток по реке (в створе Саманбай) составил 4.3 км^3 (или 58 % от общего притока), с САМ было сброшено 1.97 км^3 (27 %), КДС составил 1.11 км^3 (15 %). Сток в створе Саманбай изменялся в пределах 2.8…7.0 км^3, сброс с САМ – 0…3.07 км^3, КДС – 0.89…1.25.

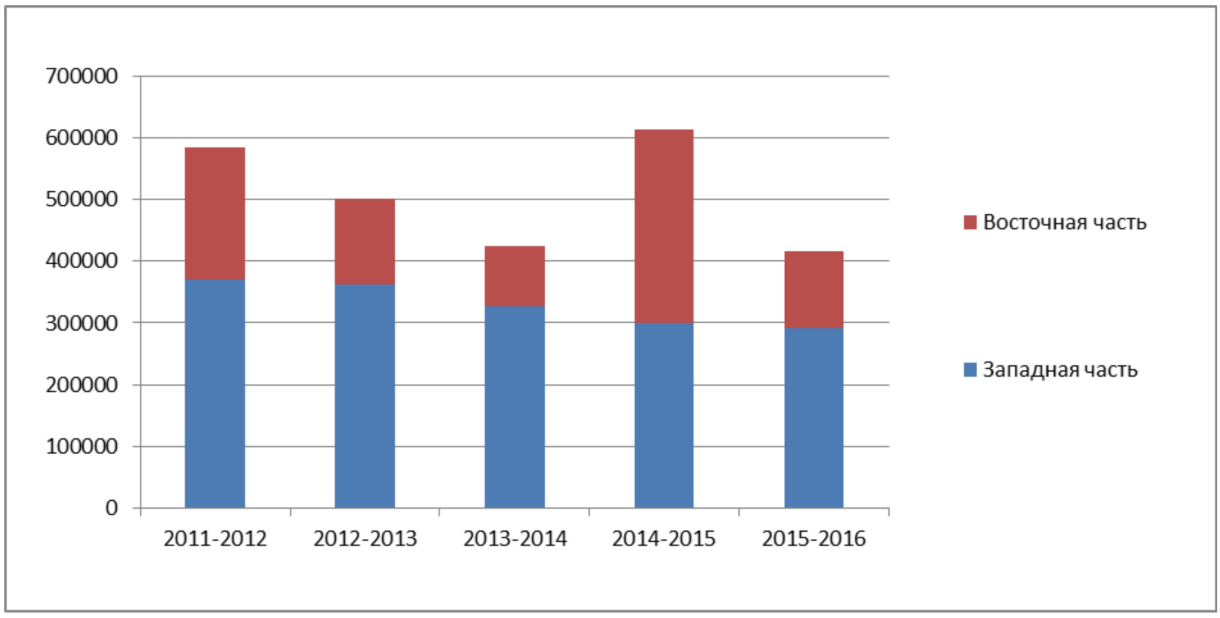


Рис. 40. Динамика площадей водной поверхности Большого Аральского моря (по данным измерений в октябре), га

В настоящее время (по состоянию на 19 сентября 2016 года) площадь водной поверхности Большого Аральского моря по данным мониторинга НИЦ МКВК составляет 417.1 тыс.га, в том числе: в западной части - 291.6 тыс.га, в восточной – 125.5 тыс.га. Годовые потери воды на испарение с такой поверхности (рассчитанные по испаряемости) оцениваются в 4.6 км^3, в том числе в западной части – 3.2 км^3, в восточной – 1.4 км^3. Испаряемость с водной поверхности Большого Арала оценивается за год в 1.1 м/м^2, и изменяется от 0.02 м/м^2 в январе до 0.25 м/м^2 в июле.

Анализ данных мониторинга водной поверхности Большого Аральского моря, выполненный НИЦ МКВК за 2010-2016 годы, показывает, что наблюдаемая интенсивность снижения площадей водной поверхности западной части Большого Арала (а значит и отметок уровня воды и объемов воды в море) меньше, чем интенсивность, рассчитанная по балансу, учитывающему потери на испарение. Это подтверждает гипотезу о существующем подземном притоке воды в западную часть, в том числе и за счет фильтрационного потока с восточной части Большого моря. Максимальные значения фильтрации в западную часть могут достигать 0.6 км^3 в месяц, когда в восточной части накапливается значительное количество воды и снижается до 0.1 км^3 в месяц при уменьшении объемов воды в восточной части (Д.Сорокин, Ш.Заитов. Динамика акватории Аральского моря по данным дистанционного зондирования. ArcReview # 3 (74) за 2015 год).

Таким образом, для поддержания Восточного Арала на уровне конца 2016 года и водных экосистем Приаралья требования на речную воду (в створе Саманбай) необходимо установить и поддерживать в объеме не менее 8 км^3 в год (в среднем за многолетний период), при гарантированном сбросе с САМ в 1 км^3; в маловодные годы приток по реке Амударья может быть снижен до 4,5 км^3. Данные требования могут быть учтены в качестве ограничений при выполнении численных экспериментов – расчете русловых балансов по реке Амударья на 2016-2055 годы.

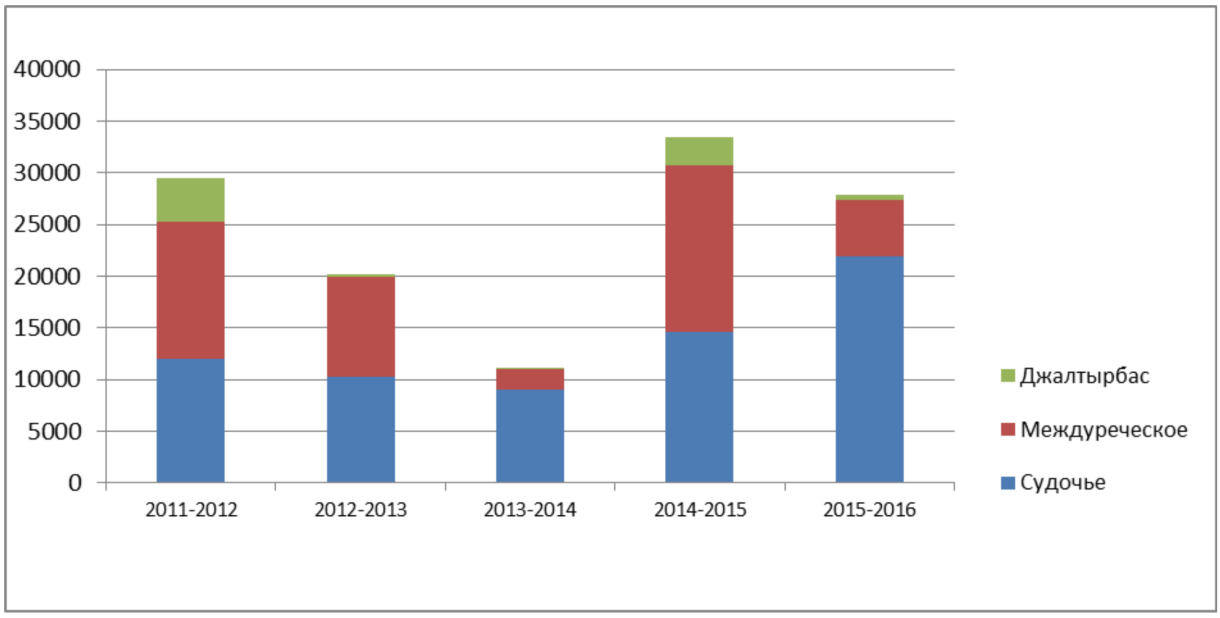


Рис. 41. Площади водной поверхности озер Южного Приаралья, га

2.5.8. Водные балансы

Водный баланс реки Амударьи за базовый период (2010-2015 гг.) представлен в таблице 23. В таблицах 19-22 приводятся годовые водные балансы реки Амударьи и ее притоков, увязанных между собой, составленных для среднего по водности года и маловодного (года 90 % обеспеченности). Функции русловых потерь приняты по зависимостям невязок руслового баланса от стока воды в реке в начале балансового участка, полученных по данным русловых балансов.

Русловой баланс реки Амударья, составленный по данным 2010-2015 гг. (таблица 2.5.4) был сведен с годовыми невязками в 6-15 % от стока реки, что свидетельствует о неучтенных потерях в реке. В низовьях реки годовые невязки составили 1-10 %.

Современный русловой баланс реки Амударьи, увязанный с русловыми балансами рек Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья, составленный по фактическим и расчетным данным для среднего по водности года, показывает, что современные требования на водозабор в каналы выполнимы, при этом подача в Арал составляет 8 км^3 воды; для маловодного года необходима 10 % урезка водозабора в каналы, при этом подача в Арал сокращается до 2 км^3. Расчетные потери в русловом балансе по реке Амударья оцениваются в 15 %. Невязки водных балансов находятся в пределах допустимых значений, что позволяет использовать расчетные функции для оценки потерь стока в расчетах на перспективу (численные эксперименты на период 2016-2055 гг).

Таблица 19

Современный русловой баланс реки Вахш, км^3/год

№	Статьи руслового баланса	Маловодный год, р=90%	Средний год, р=50%
1	Приток к Нурекскому гидроузлу	16,84	20,09
2	Регулирование стока в Нурекском водохранилище: (+) наполнение, (-) сработка	0,3	0
3	Потери воды в Нурекском водохранилище	0,1	0,1
4	Боковой приток	0,25	0,30
5	Русловые потери	0,08	0,10
6	Водозабор из реки Вахш на участке Нурек - Тигровая балка: 90 % лимита для маловодного года и лимит в год средней водности (Таджикистан)	6,44	7,15
7	Водозабор ниже поста Тигровая балка (Таджикистан)	0,15	0,15
6	Возвратный сток	3,54	3,93
8	Сток реки Вахш: устье	13,56	16,82

Таблица 20

Современный русловой баланс реки Пяндж, км^3/год

№	Статьи руслового баланса	Маловодный год, р=90%	Средний год, р=50%
1	Река Пяндж: Хирманджой	22,34	29,3
2	Сток реки Кокча (естественный приток)	5,35	6,65
3	Водозабор из реки Кокча (Афганистан)	0,4	0,4
4	Река Кокча: сброс в реку Пяндж	4,95	6,25
5	Реки Кызылсу и Яхсу (естественный приток)	1,2	2,1
6	Водозабор из реки Пяндж: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Таджикистан)	1,53	1,7
7	Водопотребление бассейнов рек Кызылсу и Яхсу (Таджикистан)	0,30	0,30
8	Возвратный сток	0,84	0,94
9	Русловые потери	0,00	0,00
10	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	27,50	36,59

Таблица 21

Современный русловой баланс реки Кафирниган, км^3/год

№	Статьи руслового баланса	Маловодный год, р=90%	Средний год, р=50%
1	Бассейн реки Кафирниган: учтенный приток	4,2	5,6
2	Подача в бассейн Сурхандарьи (Каратаг, Ширкент) по Большому Гиссарскому каналу (БГК)	0,3	0,3
3	Водозабор Верхне-Кафирниганской ЗП (Таджикистан)	1,5	1,5
4	Водозабор Нижне-Кафирниганской ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Таджикистан)	0,9	1
5	Возвратный сток	1,08	1,13
6	Русловые потери	0,00	0,00
7	Сток реки Кафирниган: устье	2,58	3,93

Таблица 22

Современный русловой баланс реки Сурхандарья, км^3/год

№	Статьи руслового баланса	Маловодный год, р=90%	Средний год, р=50%
1	Бассейн реки Сурхандарья: учтенный приток	2,78	3,4
2	Боковой приток	0,28	0,34
3	Подача из бассейна реки Кафирниган (река Варзоб) по БГК	0,2	0,2
4	Подача из реки Амударья: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	1,413	1,57
5	Водозабор Каратаг-Ширкентской ЗП (Таджикистан)	0,4	0,4
6	Водозабор Сурхандарьинской ЗП (Узбекистан)	4,043	4,2
	в том числе: из Амударьи	1,413	1,57
7	КДС: формирование	1,21	1,26
8	Возвратные воды	0,97	1,01
7	Потери воды в водохранилищах	0,1	0,1
8	Сток реки Сурхандарья: устье	1,10	1,82

Таблица 23

Современный русловой баланс реки Амударья, км^3/год

№	Статьи руслового баланса	Маловодный год, р=90%	Средний год, р=50%
1	Сток реки Вахш: устье	13,56	16,82
2	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	27,50	36,59
3	Сток реки Кундуз (естественный приток)	5,2	6,2
4	Водозабор из реки Кундуз (Афганистан)	1,7	1,7
5	Река Кундуз: сброс в реку Амударья	3,5	4,5
6	Сток реки Кафирниган: устье	2,58	3,93
7	Сток реки Сурхандарья: устье	1,10	1,82
8	Водозабор из Амударьи в Сурхандарьинскую ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	1,41	1,57
9	Возвратный сток в Амударью	0,24	0,25
10	**Сток реки Амударья: приток к среднему течению**	**47,07**	**62,33**
11	Водозабор в Гарагумдарью - ЗП Мары, Ахал, Балкан (Туркменистан): 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	10,377	11,53
12	Водозабор в Каршинский Магистральный канал - Каршинская ЗП (Узбекистан): 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	3,357	3,73
13	Водозабор в Амубухарский канал - Бухарская и Навоийская ЗП (Узбекистан): 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	4,734	5,26
14	Водозабор Лебапскую ЗП (Туркменистан): 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	3,636	4,04
15	**Итого водозабор среднего течения Амударьи**	**22,10**	**24,56**
16	Возвратный сток с Лебапской ЗП (Туркменистан)	2,55	2,83
17	Возвратный сток с Каршинской ЗП (Узбекистан)	0,74	0,45
18	Возвратный сток с Бухарской ЗП (Узбекистан)	1,28	1,42
19	Русловые потери	2,33	2,35
20	**Сток реки Амударья: приток к Тюямуюнскому гидроузлу (ТМГУ)**	**27,19**	**40,12**

№	Статьи руслового баланса	Маловодный год, р=90%	Средний год, р=50%
21	Регулирование стока в водохранилищах ТМГУ (+) наполнение, (-) сработка	-1	0
22	Потери в водохранилищах ТМГУ	0,3	0,8
23	**Попуск из ТМГУ**	**27,89**	**39,32**
	В том числе: водозабор из ТМГУ	5,6	5,6
	попуск в реку	22,29	33,72
24	Водозабор в Дашогузскую ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Туркменистан)	5,79	6,43
25	Водозабор в Хорезскую ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	4,42	4,91
26	Водозабор в ЗП Республики Каракалпакстан: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности(Узбекистан)	7,30	8,11
27	**Итого водозабор в низовьях Амударьи**	**17,51**	**19,45**
28	Сброс аварийно-экологических попусков в каналы	1,6	1,6
	В том числе: в Дашогузскую ЗП	0,4	0,4
	в Хорезмскую ЗП	0,8	0,8
	в ЗП Республики Каракалпакстан	0,4	0,4
29	Коллекторно-дренажный сток	8,24	9,16
	В том числе: Дашогузская ЗП	2,89	3,22
	Хорезмская ЗП	2,43	2,70
	ЗП Республики Каракалпакстан	2,92	3,24
30	Повторное использование КДС на орошение	1,59	1,77
	В том числе: Дашогузская ЗП	0,41	0,45
	Хорезмская ЗП	0,31	0,34
	ЗП Республики Каракалпакстан	0,88	0,97
31	Сброс КДС в озера	6,65	7,39
	В том числе: Дашогузская ЗП	2,49	2,76
	Хорезмская ЗП	2,12	2,36
	ЗП Республики Каракалпакстан	2,04	2,27
32	Возвратный сток: сброс в Амударью	0	0
33	Русловые потери	4,01	5,06
34	**Сток реки Амударья: приток в Приаралье**	**4,77**	**13,21**
35	Подача речной воды в озера Приаралья	2,5	5
36	Потери в Приаралье	0,34	0,82

№	Статьи руслового баланса	Маловодный год, р=90%	Средний год, р=50%
37	**Сток реки Амударья: сброс в Большое Аральское море (Восточная часть)**	**1,93**	**7,39**
38	Подача КДС в Приаралье	1,63	1,82
	ВСЕГО ВОДОЗАБОР	41,02	45,58
	ВСЕГО ПОДАЧА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ	4,1	6,6
	ВСЕГО КДС	13,05	14,11
	в % от водозабора	32	31
	ВСЕГО ПОТЕРИ ВОДЫ	**6,99**	**9,03**
	в % от стока реки Амударьи (сумма 5 рек)	15	14

Таблица 24

Водный баланс реки Амударьи за базовый период, млн.м^3

Элементы руслового баланса, млн.куб.м	2010-2011			2011-2012			2012-2013			2013-2014			2014-2015		
	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год
ВЕРХНЕЕ ТЕЧЕНИЕ															
1.Водные ресурсы *	17773	33570	51344	17694	53215	70909	21589	39354	60943	16486	42406	58892	19607	52205	71812
2.Водозабор	2281	6082	8364	1975	5817	7791	2135	5572	7707	2101	5679	7780	2088	5925	8013
2.1. Из реки Вахш	2059	4334	6393	1797	4143	5940	1819	3923	5742	1866	4100	5966	1787	4312	6098
2.2. Из реки Пяндж	150	1238	1388	118	1218	1336	247	1171	1419	191	1196	1387	236	1254	1491
2.3. Из реки Кафирниган	72	511	583	60	456	516	69	478	547	44	383	427	65	359	424
2.4. Из Амударьи	322	861	1182	234	692	926	371	696	1068	381	936	1317	338	828	1166
3.Сброс КДВ в Амударью	226	234	460	372	1407	1779	283	493	776	266	448	714	291	821	1112
4.Амударья: Келиф	15718	27722	43440	16092	48805	64897	19736	34275	54011	14651	37175	51826	17810	47101	64911
СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ															
8.Водозабор в Туркмени-стан	4703	7814	12517	4776	9370	14146	5023	9241	14265	4811	9395	14207	5055	10085	15140
8.1.Гарагумдарья	3399	5566	8964	3620	6913	10533	3807	6695	10502	3582	6726	10308	3777	7366	11143
8.2.Лебапская ЗП	1304	2248	3552	1156	2457	3613	1216	2547	3763	1229	2670	3899	1278	2720	3998
9.Водозабор в Узбекистан	3346	5129	8476	3186	5775	8961	3128	5483	8611	3108	5476	8584	3228	5713	8942
9.1.КМК	1501	2214	3715	1661	2401	4063	1497	2306	3803	1402	2297	3700	1340	2308	3648
9.2.АБМК	1845	2915	4760	1524	3374	4898	1632	3177	4808	1705	3179	4884	1889	3405	5294
10.Сброс КДВ в Амуда-рью	1333	1438	2771	1349	1536	2885	1275	1555	2831	1028	1763	2790	1236	1984	3220
10.1.С Каршинской ЗП	57	448	505	39	279	317	41	419	461	10	550	560	55	570	625
10.2.С Бухарской ЗП	642	282	925	647	494	1142	607	420	1026	441	501	942	573	615	1188
10.3.С Лебапской ЗП	634	708	1341	663	763	1426	627	717	1343	578	711	1289	609	799	1408
11.Русловые потери	494	461	955	518	1429	1947	779	705	1484	429	829	1258	634	1331	1966

Элементы руслового баланса, млн.куб.м	2010-2011			2011-2012			2012-2013			2013-2014			2014-2015		
	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год	окт-мар	апр-сен	год
в % от стока реки	3	2		3	3		4	2		3	2		4	3	
12.Амударья: Бир-Ата	7622	12094	19717	7622	30304	37926	10407	15471	25878	6878	20644	27523	9192	29777	38969
13.Невязка (потери)	-885	-3662	-4547	-1339	-3464	-4802	-1674	-4931	-6604	-452	-2593	-3045	-937	-2178	-3115
в % от стока реки	-6	-13	-10	-8	-7	-7	-8	-14	-12	-3	-7	-6	-5	-5	-5
НИЖНЕЕ ТЕЧЕНИЕ															
14. Попуск из ТМГУ	7926	10046	17972	7572	25921	33493	9793	15834	25626	6483	17239	23722	7696	23044	30740
15.Водозабор в Туркменистан	1470	2738	4208	1525	5115	6639	1551	4233	5783	1188	4427	5615	1430	4472	5902
16.Водозабор в Узбекистан	2615	5279	7894	2667	10061	12727	2791	8046	10837	2321	8806	11127	2685	10228	12913
16.1.Хорезмская ЗП	1090	1746	2836	1096	3424	4520	1256	2723	3979	1013	3161	4173	1177	3673	4850
16.2.Каракалпакстан	1525	3533	5058	1570	6637	8208	1535	5323	6858	1309	5645	6954	1508	6555	8063
17.Русловые потери	1564	487	2051	1462	7047	8508	1962	2012	3974	1119	2534	3654	1498	5311	6809
в % от стока реки	24	9		24	33		24	18		22	20		24	29	
18.Амударья: Саманбай	1866	207	2073	624	5446	6070	2014	470	2484	610	443	1053	499	4357	4856
19.Невязка (потери)	-411	-1335	-1746	-1295	1747	453	-1475	-1073	-2548	-1244	-1029	-2272	-1584	1323	-261
в % от стока реки	-5	-13	-10	-17	7	1	-15	-7	-10	-19	-6	-10	-21	6	-1
ВСЕГО НЕВЯЗКА (ПОТЕРИ)	-1296	-4997	-6293	-2634	-1716	-4350	-3148	-6004	-9152	-1695	-3621	-5317	-2521	-855	-3376
в % от стока реки	-7	-15	-12	-15	-3	-6	-15	-15	-15	-10	-9	-9	-13	-2	-5

* Зарегулированный сток реки Амударьи

2.5.9. Водный баланс магистральных каналов

Водный баланс КМК сведен с невязкой 1.2 % за год, АБМК – 1.7 %, а в Гарагумдарье – менее 1 %. При таком балансе потери воды в этих трех каналах (вместе с невязкой) оцениваются приблизительно в 5 км^3, что составляет около 23 % от суммарных водных ресурсов, поступающих в зоны орошения данных каналов. Таким образом, суммарные потери в этих каналах соизмеримы с русловыми потерями в низовьях Амударьи.

Таблица 25

Водный баланс Каршинского магистрального канала (КМК) для года средней водности, период: 2010-2015 гг., млн. м^3

Показатель	октябрь-март	апрель-сентябрь	Год
1.Водозабор из реки Амударья в КМК (UZ)	1700	2700	4400
2.Подача из КМК в Талимарджанское водохранилище	700	0	700
3.Попуск из Талимарджанского водохранилища в оросительную сеть	200	450	650
4.Наполнение (+), сработка (-) Талимарджанского водохранилища	500	-450	50
5.Зарегулированные сток из реки Амударьи (UZ)	1200	3150	4350
6.КПД магистральной сети	0,72	0,72	0,72
7.Потери из магистральной сети	336	567	903
8.Зарегулированные располагаемые к использованию водные ресурсы Амударьи (UZ)	864	2583	3447
9.Водозабор Каршинской ЗП на границе районов	860	2630	3490
11.Невязка баланса	-4	47	43
в % от водозабора	-0.5	1.8	1.2

Таблица 26

Водный баланс АмуБухарского магистрального канала (АБМК) для года средней водности, период: 2010-2015 гг., млн. м^3

Показатель	октябрь-март	апрель-сентябрь	Год
1.Водозабор из реки Амударья в АБМК (UZ)	1800	3350	5150
В том числе: Бухарская ЗП	1500	2920	4420
Навоийская ЗП	300	430	730
2.Наполнение (+), сработка (-) Тудакульского и Куюмазарского водохранилищ	180	-150	30
3.Зарегулированные сток из реки Амударьи (UZ)	1620	3500	5120
4.КПД магистральной сети	0,91	0,91	0,91
5.Потери из магистральной сети	145,8	315	460,8
6.Зарегулированные располагаемые к использованию водные ресурсы Амударьи (UZ)	1474,2	3185	4659,2
7.Водозабор из оросительной сети, питающейся водами Амударьи, на границах Бухарской и Навоийской ЗП	1550	3030	4580
В том числе: Бухарская ЗП	1350	2610	3960
Навоийская ЗП	200	420	620
8.Невязка баланса	-75,8	155	79,2
в % от водозабора	-4.9	5.1	1.7

Таблица 27

Водный баланс Гарагумдарьи - Каракумского канала (КК) для года средней водности, период: 2010-2015 гг., млн. м^3

Показатель	октябрь-март	апрель-сентябрь	Год
1.Водозабор из реки Амударья в КК	3640	6650	10290
2.Сток реки Мургаб (ТМ)	240	1670	1910
3.Сток реки Теджен (ТМ)	260	760	1020
4.Подземные воды зоны КК (водозабор)	80	320	400
5.Использование возвратного стока	0	250	250
6.Итого водные ресурсы (1+2+3+4+5)	4220	9650	13870
7.Регулирование стока водохранилищами: наполнение (+), сработка (-)	-600	600	0

Показатель	октябрь-март	апрель-сентябрь	Год
8.Потери в КК	1055	2413	3468
9.Потери в водохранилищах Мургаба и Теджена	90	140	230
10.Потери в водохранилищах КК	120	280	400
11.Располагаемые к использованию водные ресурсы, зарегулированные водохранилищами (6-7-8-9-10)	3555	6218	9773
12.Водозабор ЗП Мары (на границе)	1955	3155	5110
13.Водозабор ЗП Ахал (на границе)	1420	2540	3960
14.Подача воды по КК в ЗП Балкан	182	333	515
15.Всего водозабор (12+13+14)	3557	6028	9585
16.Невязка баланса (11-15)	-2	190	188
В % от стока	0	3	2

2.5.10. Водный баланс зон планирования

Невязки ВБ в границах зон планирования (ЗП) характеризуют потери водных ресурсов в ЗП, а также неточности в оценке статей ВБ, таких, как: использование местных водных ресурсов, коллекторно-дренажные воды (КДВ), регулирование стока. Для того, чтобы минимизировать невязки ВБ по ЗП и по участкам рек, необходимо, прежде всего, в статьи ВБ включить функции потерь.

ВБ составлены по отдельным ЗП, в увязке с водохозяйственными районами (ВХР) бассейна Амударьи, с участками рек Амударья и ее основными притоками (Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья). Сток рек, не впадающих в реку Амударью, но питающих ЗП (включенные в состав исследований PEER), таких как, Зеравшан, Кашкадарья, Мургаб, Теджен, учтены при составлении ВБ ЗП по категории «местные ресурсы». Реки Афганистана Кокча (левый приток Пянджа) и Кундуз (левый приток Амударьи) учтены в Афганской ЗП.

Таблица 28

Водный баланс зон планирования Республики Узбекистан

Параметры, млн. $м^3$	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
Сурхандарьинская ЗП						
1. Водные ресурсы - всего	4742	4950	4570	4806	5132	4840
1.1 Амударья	1182	926	1068	1317	1166	1132
1.2 Местные реки	3380	3844	3322	3309	3785	3528
1.3 Повторное использование КДВ	80	80	80	80	80	80

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
1.4 Использование подземных вод	100	100	100	100	100	100
2. Водозабор - всего	3910	3964	4190	3931	4270	4053
2.1 На орошение	3745	3792	4018	3767	4105	3885
2.2 На коммунально-бытовые нужды	125	124	124	124	125	124
2.3 Промышленность	17	17	18	17	18	17
2.5 Прочие потребители	40	48	48	40	40	43
3. Регулирование водохранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток: 4.1 Факт	946	2705	827	778	1380	1327
4.2. Расчет	1408	1427	1508	1415	1537	1459
4.3. Отклонение (факт-расчет)	-462	1278	-681	-637	-157	-132
невязка, %	-49	47	-82	-82	-11	-10
5. Передача водных ресурсов - расчет	2239	2413	1889	2291	2399	2246
6. Передача водных ресурсов - рачет по фактическому возврату	1778	3691	1208	1653	2242	2114
7. Сброс по реке в Амударью	1519	3155	1032	1413	1916	1807
8.Сброс КДС в Амударью	258	536	175	240	326	307
Каршинская ЗП						
1. Водные ресурсы - всего	3969	4320	4046	3960	3896	4038
1.1 Амударья	3715	4063	3803	3700	3648	3786
1.2 Местные реки	50	50	50	50	50	50
1.3 Повторное использование КДВ	68	69	65	70	66	68
1.4 Использование подземных вод	136	138	129	141	132	135
2. Водозабор - всего	4526	4596	4301	4689	4400	4502
2.1 На орошение	4028	4090	3828	4173	3916	4007
2.2 На коммунально-бытовые нужды	158	161	151	150	141	152
2.3 Промышленность	317	322	301	328	308	315
2.5 Прочие потребители	23	23	22	38	35	28
3. Регулирование водохранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток в реку:						
4.1. Факт	921	1136	1026	936	959	996
4.2. Расчет	996	995	1001	993	999	997
4.3. Отклонение (факт-расчет)	-76	141	25	-57	-40	-1

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
%	-8	12	2	-6	-4	0
5. Передача водных ресурсов	0	0	0	0	0	0
6. Невязка (5-1+2+3)	557	277	255	728	504	464
%	12	6	6	16	11	10
Бухарская ЗП						
1. Водные ресурсы - всего	5066	5186	5109	5165	5583	5222
1.1 Амударья	4760	4898	4808	4884	5294	4929
1.2 Местные реки	0	0	0	0	0	0
1.3 Повторное использование КДВ	225	208	221	201	209	213
1.4 Использование подземных вод	80	80	80	80	80	80
2. Водозабор - всего	4681	4358	4628	4213	4373	4451
2.1 На орошение	4503	4157	4425	4018	4182	4257
2.2 На коммунально-бытовые нужды	41	52	46	46	46	46
2.3 Промышленность	37	40	38	37	37	38
2.5 Прочие потребители	100	109	119	112	108	110
3. Регулирование водохранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток в реку:						
4.1. Факт	1205	1136	1210	1178	1148	1176
4.2. Расчет	1203	1165	1196	1148	1167	1176
4.3. Отклонение (факт-расчет)	2	-29	14	30	-19	0
%	0	-3	1	3	-2	0
5. Передача водных ресурсов	0	0	0	0	0	0
6. Невязка (5-1+2+3), потери (-)	-384	-828	-481	-952	-1210	-771
%	-8	-19	-10	-23	-28	-17
Хорезмская ЗП						
1. Водные ресурсы - всего	2941	4649	4112	4291	4990	4197
1.1 Амударья	2836	4520	3979	4173	4850	4072
1.2 Местные реки	0	0	0	0	0	0
1.3 Повторное использование КДВ	80	104	108	93	115	100
1.4 Использование подземных вод	25	25	25	25	25	25
2. Водозабор - всего	3289	4253	4410	3802	4685	4088
2.1 На орошение	3200	4162	4320	3719	4596	3999
2.2 На коммунально-бытовые нужды	86	88	86	80	85	85
2.3 Промышленность	3	3	3	3	3	3

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
2.5 Прочие потребители	0	0	1	0	1	0
3. Регулирование водохранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток:						
4.1. Факт	2704	3099	2654	2657	3105	2844
4.2. Расчет	2681	2881	2914	2787	2971	2847
4.3. Отклонение (факт-расчет)	23	218	-260	-130	134	-3
%	1	7	-10	-5	4	0
5. Передача водных ресурсов	0	0	0	0	0	0
6. Невязка (5-1+2+3)	348	-396	297	-489	-305	-109
%	11	-9	7	-13	-7	-3
Каракалпакстан						
1. Водные ресурсы - всего	5106	8265	6912	7004	8121	7081
1.1 Амударья	5058	8208	6858	6954	8063	7028
1.2 Местные реки	0	0	0	0	0	0
1.3 Повторное использование КДВ	28	37	34	30	39	33
1.4 Использование подземных вод	20	20	20	20	20	20
2. Водозабор - всего	5935	7788	7249	6285	8135	7078
2.1 На орошение	5554	7399	6851	5910	7720	6687
2.2 На коммунально-бытовые нужды	49	52	55	50	59	53
2.3 Промышленность	325	329	335	320	340	330
2.5 Прочие потребители	7	8	8	5	16	9
3. Регулирование водохранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток:						
4.1. Факт	2139	2185	2170	2086	2200	2156
4.2. Расчет	2110	2185	2163	2124	2199	2156
4.3. Отклонение (факт-расчет)	29	0	7	-38	1	0
%	1	0	0	-2	0	0
5. Передача водных ресурсов	0	0	0	0	0	0
6. Невязка (5-1+2+3)	829	-476	337	-719	14	-3
%	14	-6	5	-11	0	0

Таблица 29

Водный баланс зон планирования Туркменистана

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
Мары						
1. Водные ресурсы - всего	10654	12620	12438	12188	13310	12242
1.1 Амударья (Гарагум-дарья)	8964	10533	10502	10308	11143	10290
1.2 Местные реки	1363	1790	1611	1550	1835	1629
1.3 Повторное использо-вание КДВ	126	114	125	127	128	124
1.4 Использование под-земных вод	202	183	200	203	205	199
2. Водозабор - всего	5184	4705	5154	5233	5263	5108
2.1 На орошение	4272	3818	4251	4306	4327	4195
2.2 На коммунально-бытовые нужды	60	62	75	85	96	76
2.3 Промышленность	820	820	820	820	820	820
2.5 Прочие потребители	32	5	8	22	20	18
3. Регулирование водо-хранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток:						
4.1. Факт	1319	1197	1312	1332	1339	1300
4.2. Расчет	1175	1117	1173	1180	1182	1165
4.3. Отклонение (факт-расчет)	144	80	139	152	157	135
%	11	7	11	11	12	10
5. Переток в соседнюю ЗП по каналу	3606	5706	5107	4822	5718	4992
6. Невязка, потери (-)	-1864	-2208	-2177	-2133	-2329	-2142
% от водозабора	-35,97	-46,94	-42,23	-40,76	-44,26	-42
Ахал						
1. Водные ресурсы - всего	4531	7145	6343	5987	7232	6247
1.1 Амударья (Гарагум-дарья)	3606	5706	5107	4822	5718	4992
1.2 Местные реки	689	1196	983	911	1249	1005
1.3 Повторное использо-вание КДВ	91	93	97	97	102	96
1.4 Использование под-земных вод	145	149	155	156	164	154
2. Водозабор - всего	3733	3840	3993	4012	4210	3958
2.1 На орошение	3440	3522	3640	3654	3806	3613

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
2.2 На коммунально-бытовые нужды	249	279	290	320	360	300
2.3 Промышленность	36	36	36	36	36	36
2.5 Прочие потребители	8	3	27	2	8	10
3. Регулирование водохранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток:						
4.1. Факт	472	485	504	507	532	500
4.2. Расчет	479	482	485	486	490	484
4.3. Отклонение (факт-расчет)	-8	3	19	21	42	16
%	-2	1	4	4	8	3
5. Переток в соседнюю ЗП по каналу	448	527	525	515	557	514
6. Невязка, потери (-)	-349	-2778	-1824	-1459	-2465	-1775
% от водозабора	-9	-72	-46	-36	-59	-44
Лебап						
1. Водные ресурсы - всего	3597	3663	3813	3950	4049	3814
1.1 Амударья (Гарагум-дарья)	3552	3613	3763	3899	3998	3765
1.2 Местные реки	0	0	0	0	0	0
1.3 Повторное использование КДВ	45	49	50	51	52	49
1.4 Использование подземных вод	0	0	0	0	0	0
2. Водозабор - всего	3000	3287	3332	3420	3456	3299
2.1 На орошение	2937	3214	3258	3335	3362	3221
2.2 На коммунально-бытовые нужды	40	45	50	54	59	50
2.3 Промышленность	20	20	20	20	20	20
2.5 Прочие потребители	3	8	4	11	15	8
3. Регулирование водохранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток:						
4.1. Факт	1724	1833	1725	1655	1808	1749
4.2. Расчет	1539	1647	1664	1697	1711	1651
4.3. Отклонение (факт-расчет)	185	186	61	-42	97	98
%	11	10	4	-3	5	5
5. Переток в соседнюю ЗП по каналу	0	0	0	0	0	0
6. Невязка (5-1+2+3)	-597	-376	-481	-530	-593	-516
% от водозабора	-20	-11	-14	-16	-17	-16
Дашогуз						
1. Водные ресурсы - всего	4208	6639	5783	5615	5902	5629

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
1.1 Амударья (Гарагум-дарья)	4208	6639	5783	5615	5902	5629
1.2 Местные реки	0	0	0	0	0	0
1.3 Повторное использо-вание КДВ	0	0	0	0	0	0
1.4 Использование под-земных вод	0	0	0	0	0	0
2. Водозабор - всего	4160	4845	4150	3986	4140	4256
2.1 На орошение	4140	4834	4125	3959	4114	4235
2.2 На коммунально-бытовые нужды	18	21	23	23	24	22
2.3 Промышленность	2	2	2	2	2	2
2.5 Прочие потребители	0	-12	0	2	0	-2
3. Регулирование водо-хранилищ	0	0	0	0	0	0
4. Возвратный сток:						
4.1. Факт	2150	2504	2145	2060	2140	2200
4.2. Расчет	2021	2061	2021	2011	2020	2027
4.3. Отклонение (факт-расчет)	129	443	125	49	120	173
%	6	18	6	2	6	8
5. Переток в соседнюю ЗП по каналу	0	0	0	0	0	0
6. Невязка (5-1+2+3)	-48	-1794	-1633	-1629	-1762	-1373
% от водозабора	-1	-37	-39	-41	-43	-32

Таблица 30

Водный баланс зон планирования Таджикистана

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
1.Водные ресурсы Таджикиста-на	50635	68175	58219	56147	69159	60467
1.1 Сток рек Таджикистана	49915	67455	57499	55427	68439	59747
1.1.1 Вахш	21015	23804	20668	20591	23452	21906
1.1.2 Пяндж	23303	37160	31344	29375	38609	31958
1.1.3 Кафирниган	5598	6490	5487	5462	6378	5883
1.2. Использование подземных вод	720	720	720	720	720	720
1.3. Повторное использование КДВ	0	0	0	0	0	0
2. Водозабор на границах ЗП	8186	7763	7331	7589	8013	7776

Параметры, млн. м^3	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Средний
2.1 Хатлонская область	6274	5966	5656	5865	6208	5994
2.1.1 Вахшская ЗП	4015	3818	3620	3754	3973	3836
2.1.2 Пянджская ЗП	1380	1312	1244	1290	1366	1319
2.1.3 Нижне-Кафирниганская ЗП	878	835	792	821	869	839
2.2 РРП	1284	1187	1081	1104	1146	1161
2.2.1 Верхне-Кафирниганская ЗП	886	819	746	762	791	801
2.2.2 Каратаг-Ширкентская ЗП	283	261	238	243	252	255
2.2.3 Гармская ЗП	116	107	97	99	103	104
2.3 Горно-Бадахшанская ЗП	628	610	593	620	659	622
3. Распределение водозабора						
3.1 На орошение	6958	6599	6231	6451	6811	6610
3.2 На коммунально-бытовые нужды	470	479	487	496	508	488
3.3 Промышленность	252	239	219	221	217	230
3.5 Прочие потребители	506	446	394	421	477	449
4. Возвратный сток	3111	2950	2786	2884	3045	2955
4.1. Хатлонская облать	2489	2360	2229	2307	2436	2364
4.2.РРП	591	2950	2786	2884	3045	2451
4.3. Горно-Бадахшанская ЗП	31	29	28	29	30	30
5. Амударья						
5.1 БП: Кундуз, Сурхандарья	4378	7572	4781	5219	6088	5608
5.2 Водозабор на участке Кафирниган-Гарагумдарья	1182	926	1068	1317	1166	1132
5.3 Сток реки Амударья выше Гарагумдарьи - расчет	48756	70007	57387	55345	69112	60121
5.4 Сток реки Амударья выше Гарагумдарьи - факт	43440	64877	54011	51826	64911	55813
5.5. Невязка (факт-расчет), потери	-5316	-5130	-3376	-3519	-4201	-4308
% от стока реки	-12	-8	-6	-7	-6	-5

2.5.11. Перспектива

Перспективный русловой баланс реки Амударьи и ее притоков был составлен на период 2020-2055 гг. по следующим правилам:

- Русловой баланс составляется по реке Амударья и ее притокам (Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья) в их единстве,
- Поверхностные водные ресурсы зоны формирования стока рек определяются моделированием гидрологических рядов, учитывающем цикличность и влияние климата по сценариям,
- Требуемый водозабор из трансграничных источников, т.е из рек Вахш, Пяндж, Кафирниган и Амударья в границах контроля БВО «Амударья» устанавливается лимитами на водозабор в каналы (по практике вододеления 1991-2017 гг.), - тем самым вводятся ограничения на сверхлимитный водозабор из трансграничных источников, поскольку водные ресурсы бассейна в перспективе не будут возрастать (в целом за многолетний период),
- Водозабор из трансграничных источников в каналы и в озера бассейна рассчитывается исходя из наличия располагаемых к использованию поверхностных водных ресурсов, включающих возвратный сток (КДВ и сбросы с каналов), за вычетом потерь воды из реки и водохранилищ, в увязке с объемами регулирования стока водохранилищами,
- Водозабор, не контролируемый БВО «Амударья» (например, из реки Сурхандарьи) учитывается в русловом балансе притоков Амударьи,
- Возникающий дефицит (невязка руслового баланса) распределяется по странам и участкам рек пропорционально установленным лимитам (квотам стран), в результате чего происходит уменьшение водозабора на разницу «лимит - дефицит»,
- Регулирование стока реки Вахш определяется режимами работы Нурекской ГЭС, рассчитанными по сценариям (оптимизация),
- Режим работы водохранилищ ТМГУ (рассматривается как одна емкость) определяются наличием дефицита в среднем и нижнем течениях, - сначала минимизируется дефицит в нижнем течении, потом происходит выравнивание дефицита по всему бассейну, корректируется приток к ТМГУ и заново минимизируется дефицит в низовьях (1-2 итерации),
- Регулирование стока внутрисистемными водохранилищами (Зеид, Талимарджан и др.) учитывается в водном балансе ЗП и не входит в русловой Амударьи,
- Потери и возвратный сток (КДВ поступающие в реки и озера) рассчитываются формулам, полученным по результатам исследований PEER (отчет А.Назарий).

2.5.12. Построение рядов стока рек на перспективу

Ряды стока рек Вахш, Пяндж, Кафирниган, Сурхандарья и Кундуз на 2015/2016 – 2054/2055 гг. построены на основе исследований исторических циклов-рядов и выбора аналога, который спроектирован на период после 2014/2015 года.

На рис. 42 приводится сравнение циклов стока реки Амударья (естественный, незарегулированный режим, не испорченный антропогенным влиянием водозаборов и сбросов КДС) по двум периодам: 1937/1938 – 1957/1958 гг. и 1994/1995 – 2014/2015 гг. Из сравнения видно, что динамика годового стока реки Амударья по этим периодам сопоставима и близка по циклам (n-леткам) маловодных и многоводных лет. Это дает возможность с определенной вероятностью ожидать после 2014/2015 года (аналог в ретро ряду - 1957/1958 г) ряда с характеристиками 1958/1959 – 1997/1998 гг.

Если сравнить средние многолетние годовые объемы стока рек бассейна Амударьи двух периодов - 2015/2016–2045/2055 гг. и 1932/1933–2014/2015 гг., то можно отметить следующее:

- средний многолетний годовой сток Амударьи (как сумма рек) за 2015/2016–2045/2055 гг. составил 68.45 км^3/год, а сток за 1932/1933–2014/2015 гг. – 68.89 км^3/год; снижение стока всего 0.6 %,
- по реке Пяндж наблюдается увеличение стока на 0.2 %, а по реке Вахш - снижение стока на 2.5 %

Построенные ряды естественного стока рек были откорректированы на возможное влияние климата. В проекте PEER при оценке возможных изменений климата на водные ресурсы использовались климатические параметры региональной модели REMO-0406, которая является проекцией для ЦА сценария среднего потепления, основанного на A1B, и рассчитанного по модели общей циркуляции ECHAM 5.

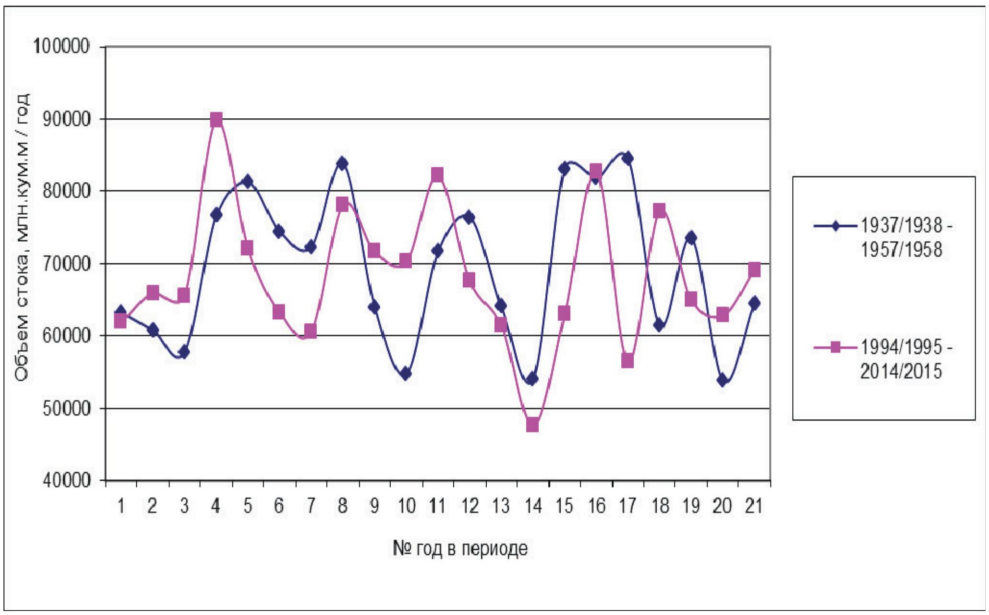


Рис. 42 Сравнение циклов годового стока реки Амударья

Оценки отклонений стока рек от их норм (средних многолетних значений), выполненные НИГМИ по REMO 0406, характеризуют этот сценарий (в отношении влияния на сток рек) как «мягкий» сценарий, мало изменяющий естественный режим рек в годовом разрезе, но показывающий значительные снижения к 2060 году по отдельным вегетационным месяцам - июнь, июль. Модель НИГМИ / REMO 0406 к 2060 году дает наибольшее снижение стока (по отношению к норме) по июлю месяцу: для реки Пяндж на 14 %, реки Вахш на 19 %, реки Кафирниган – 25 %, реки Сурхандарья – 10 %. В то-же время ожидается повышение стока в межвегетацию и в начале вегетации, в апреле: для реки Пяндж на 6 %, реки Вахш на 6 %, реки Кафирниган – 18 %, реки Сурхандарья – 8 % (Н.Агальцева). Основываясь на этих данных для каждой реки были рассчитаны коэффициенты, понижающие/повышающие сток рек на в будущем.

Наибольшее влияние климат будет оказывать на сток рек в июне-июле месяцах, когда объем стока Амударьи к 2055 году будет снижаться в августе до 0.8 км^3, в июнь до 1.3 км^3, в июле – до 2.7 км^3. На рис. 43 показана динамика снижения июльского стока реки Вахш – влияние климатических изменений по сценарию REMO 0406.

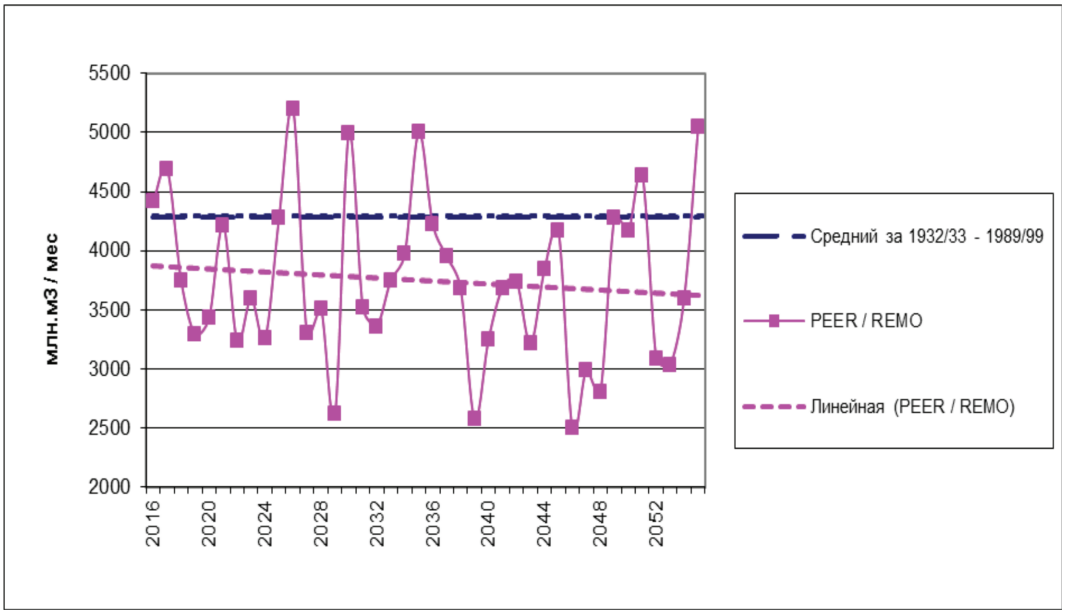


Рис. 43. Динамика июльского стока реки Вахш за 2016-2055 гг

2.5.13. Русловой баланс маловодного года

В Приложении приводится помесячный русловой баланс для особо маловодного года (2042-2043 г), который может сформироваться в будущем при сочетаний сценариев 3 и 4, т.е при энергетическом и энерго-ирригационном режимах работы Нурекской ГЭС в условиях влияния климата, роста водопотребления Афганистана и прекращении сбросов КДВ в Амударью с территории Туркменистана. Некоторые составляющие этого баланса в виде календарных графиков (с октября по сентябрь) и интегральных кривых (суммирование в нарастающем порядке) приводятся на рисунках 44-48.

Русловой баланс маловодного года показан по 2042-2043 году. В этом году попуск из Нурекской ГЭС в вегетацию для варианта 3 (энергетический режим) ожидается

в 8.1 км^3, а для варианта 4 (энерго-ирригационный режим) – в 11.4 км^3, т.е на 3.3 км^3 больше.

Сток реки Вахш (по притоку к Нурекской ГЭС) оценивается в 15.3 км^3, сток реки Пяндж (в створе Нижний Пяндж) – 24.4 км^3, сток реки Кафирниган (устье) – 0.8 км^3, Сурхандарьи (устье) – 0.4 км^3, реки Кундуз (устье) – 3.0 км^3, реки Амударьи (в створе выше водозабора в Гарагумдарью) – 38.3 км^3, в том числе в вегетацию: для варианта 3 – 24.8 км^3, для варианта – 27.6 км^3.

В гидрологическом ряду 2020-2055 гг сток Амударьи 2042-2043 года в створе выше Гарагумдарьи соответствует обеспеченности (вероятности превышения, Pm) в 95 %. Это означает, что только в 5 случаях из 100 такой объем стока будет проходить по реке Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью.

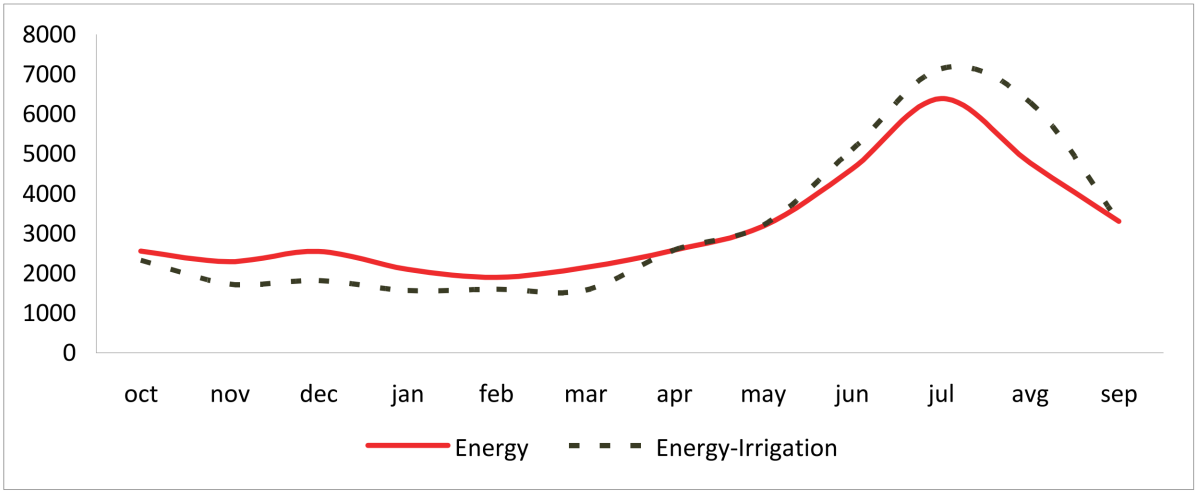


Рис. 44. Гидрограф стока реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью (г/п Келиф) для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м^3/мес

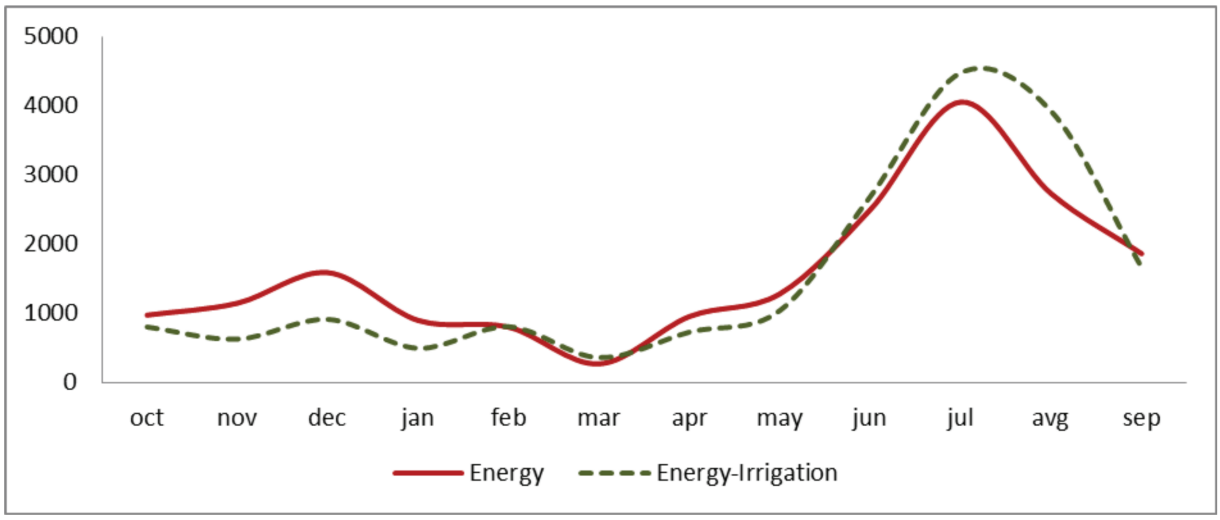


Рис. 45 Гидрограф стока реки Амударья в створе г/п Бирата (приток к ТМГУ) для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1 (энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м^3/мес

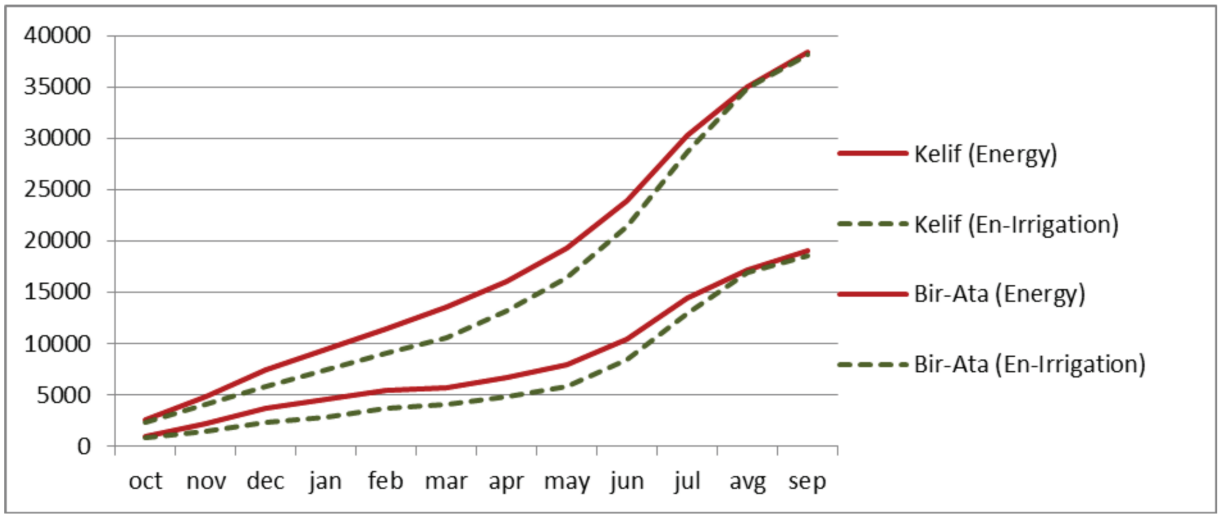


Рис. 46 Интегральные кривые стока реки Амударья в створе г/п Келиф и Бирата для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м^3

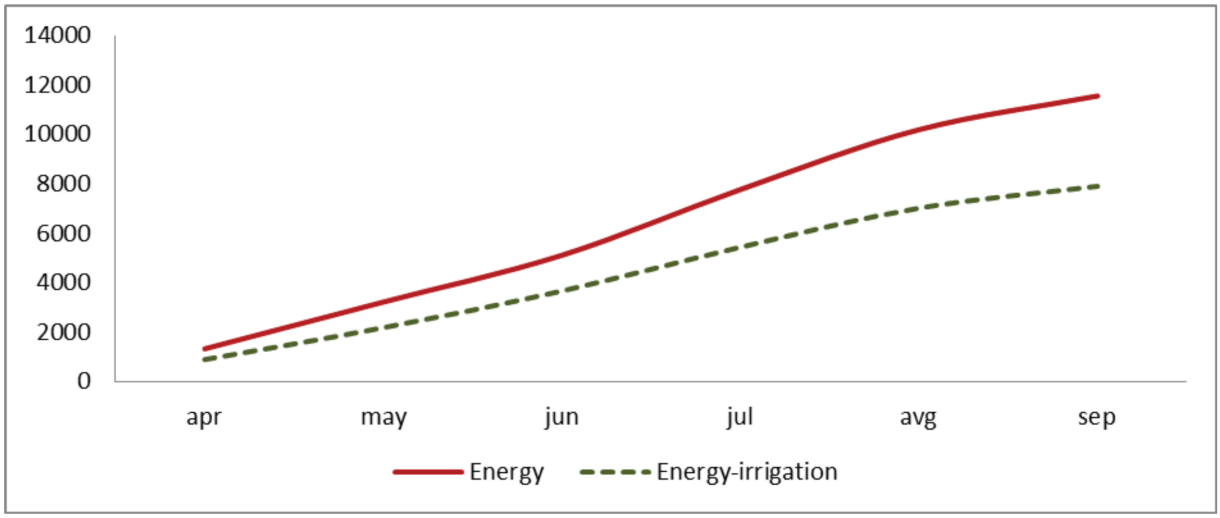


Рис. 47 Интегральная кривая дефицита воды в бассейне реки Амударья для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1 (энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м^3

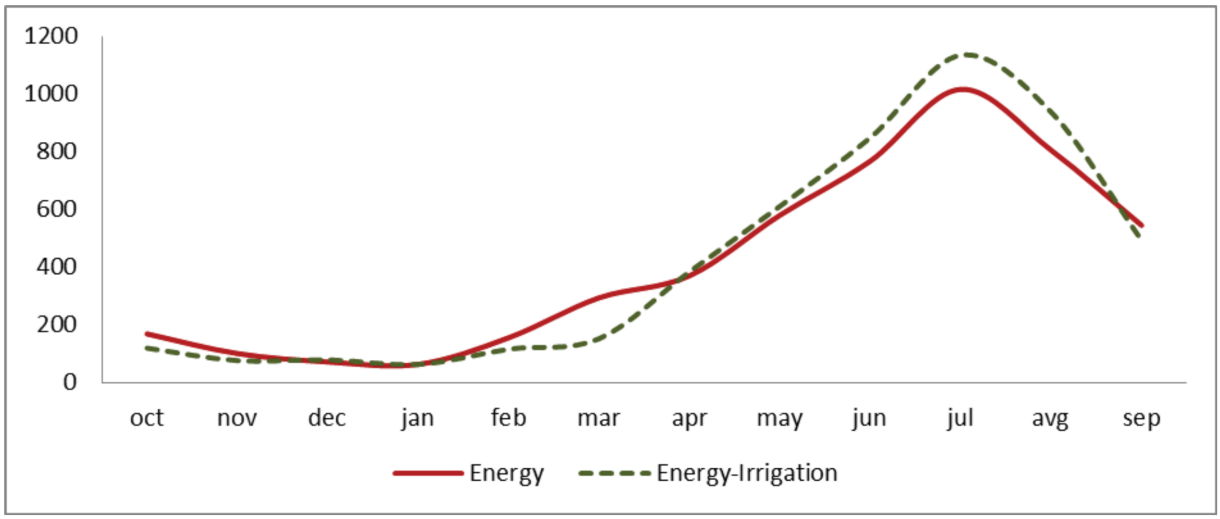


Рис. 48 Динамика русловых потерь реки Амударья для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м^3/мес

В ретроспективном ряду 1980-2017 гг объем сток Амударьи близкий к объему 2042-2043 года наблюдался только в 2-х случаях: в 2000-2001 году - 41.3 км^3, в том числе в вегетацию – 26.8 км^3, в 2007-2008 году - 36 км^3, в том числе в вегетацию – 22.5 км^3.

В 2042-2043 приток к ТМГУ ожидается в объеме 18.5-19 км^3, а подача в Южное Приаралье (включая КДВ) – 2.6-3 км^3, что составляет 29-33 % от требуемого объема.

В этот год суммарный дефицит воды (рассчитанный по разнице лимитов с расчетной подачей в каналы) в вегетационный период ожидается для варианта 3 (энергетический режим работы Нурекской ГЭС) в объеме 11.9 км3 и для варианта 4 (энерго-ирригационный режим) – в 7.9; таким образом, при переходе с энергетического на энерго-ирригационный режим (при котором вырабатывается больше э/э за год, но меньше в зимний период) дефицит воды уменьшается на 4 км3, что составляет 10 % от установленного лимита. В вегетацию дефицит воды (по всем странам и участкам) составляет в варианте 3 - 30 % от лимита, в варианте 4 – 20 %.

Распределение дефицита воды по странам и участкам приводится в таблице 31. В таблице 32 приводятся данные по водозабору, лимитам и дефициту воды.

Таблица 31

Распределение дефицита воды, поступающей в каналы бассейна Амударьи, маловодный 2042-2043 гг, км^3

Страны бассейна, участки	Вариант 3. Энергетический режим Нурекской ГЭС + влияние климата			Вариант 4. Энерго-энерг режим Нурекской ГЭС + влияние климата		
	октябрь-март	апрель-сентябрь	год	октябрь-март	апрель-сентябрь	год
1.Верхнее течение	0.00	2.39	2.39	0.49	1.60	2.09
1.1.Таджикистан	0.00	2.03	2.03	0.44	1.36	1.79
1.2 Узбекистан	0.00	0.36	0.36	0.06	0.24	0.30
2.Среднее течение	0.00	4.86	4.86	1.25	3.24	4.49
2.1.Туркменистан	0.00	3.14	3.14	0.77	2.09	2.86
2.2 Узбекистан	0.00	1.72	1.72	0.49	1.15	1.63
3.Нижнее течение	0.00	4.60	4.60	0.62	3.06	3.69
3.1.Туркменистан	0.00	1.51	1.51	0.21	1.01	1.22
4.2 Узбекистан	0.00	3.08	3.08	0.41	2.06	2.47
ВСЕГО	0.00	11.85	11.85	2.36	7.90	10.26
Таджикистан	0.00	2.03	2.03	0.44	1.36	1.79
Туркменистан	0.00	4.65	4.65	0.98	3.10	4.08
Узбекистан	0.00	5.16	5.16	0.95	3.44	4.39

Таблица 32

Водозабор и дефицит воды маловодного 2042-2043 г

Статья руслового баланса	Вариант 3. Энергетический режим Нурекской ГЭС + влияние климата			Вариант 4. Энерго-энерг режим Нурекской ГЭС + влияние климата		
	октябрь-март	апрель-сентябрь	год	октябрь-март	апрель-сентябрь	год
Лимиты, км^3	15.75	39.49	55.24	15.75	39.49	55.24
Водозабор	15.75	27.64	43.39	13.39	31.59	44.98
в % от лимита	100	70	79	85	80	81
Дефицит, км^3	0.00	11.85	11.85	2.36	7.90	10.26
в % от лимита	0	30	21	15	20	19

2.5.14. Статистический анализ

На рис. 49-51 показаны кривые обеспеченности, характеризующие эмпирическую вероятность превышения объемов стока реки Амударьи в створах выше водозабора в Гарагумдарью и в створе Бирата (приток к ТМГУ). Вероятность превышения Pm рассчитывалась по формуле:

Pm = [m / (n + 1)] *100 % …. (1)

Где: m – порядковый номер членов ряда гидрологических характеристик, расположенных в убывающем порядке, n – общее число членов ряда, n = 35 (2020/21 -2054/55 гг)

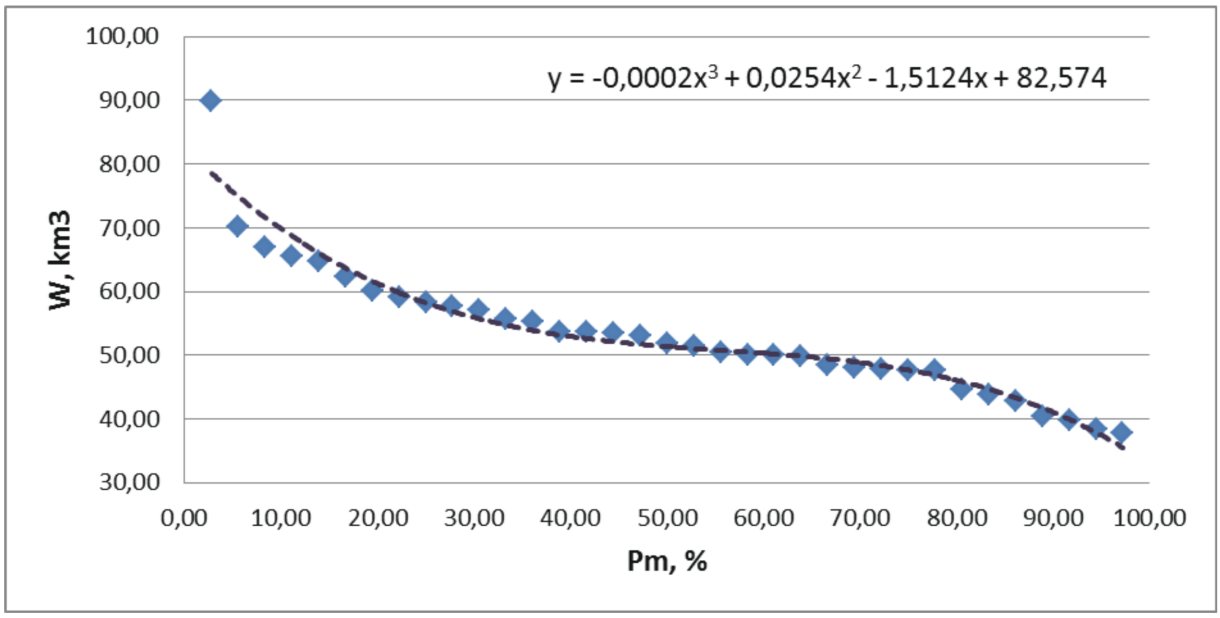


Рис. 49. Кривая обеспеченности Pm (W) годовых объемов стока реки Амударьи в створе выше водозабора в Гарагумдарью, вариант 4 (обработка данных руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

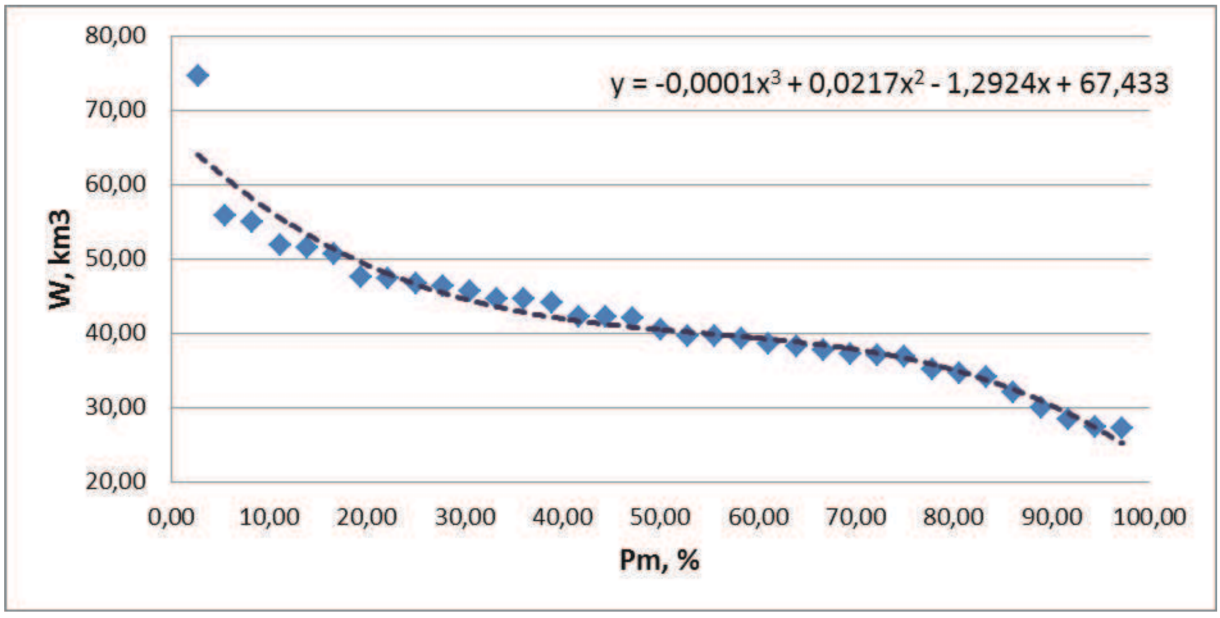


Рис. 50. Кривая обеспеченности Pm (W) объемов стока реки Амударьи за вегетацию (апрель-сентябрь) в створе выше водозабора в Гарагумдарью, вариант 4 (обработка данных руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

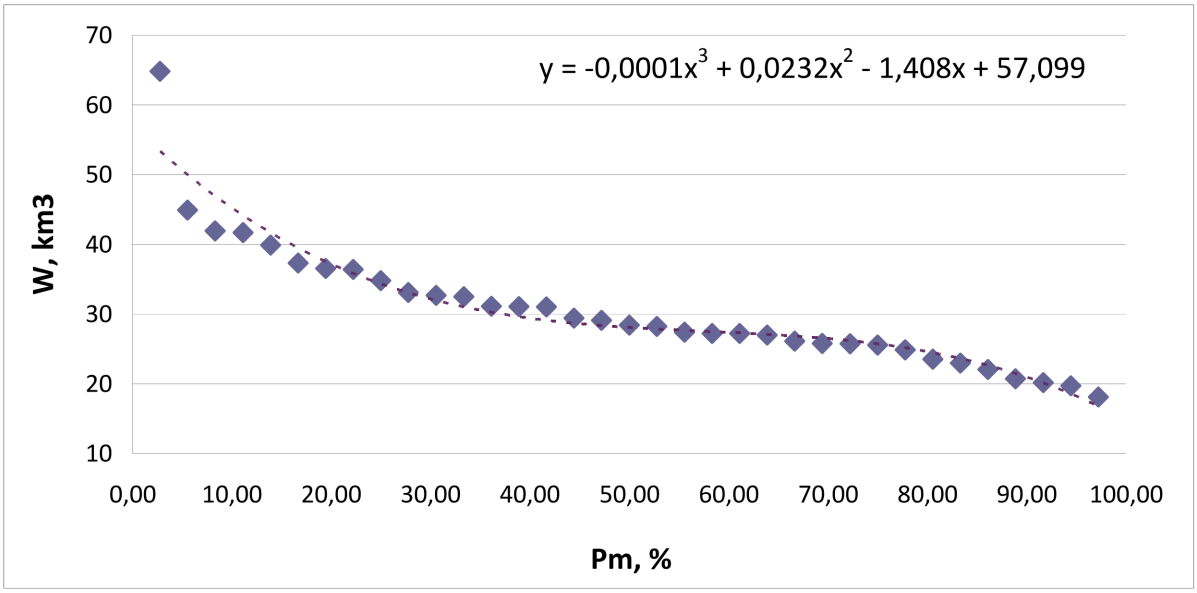


Рис. 51. Кривая обеспеченности Pm (W) годовых объемов стока реки Амударьи в створе Бирата, вариант 4 (обработка данных руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

В таблице 33 приводится количество случаев из 100 появления дефицита воды при различных сочетаниях сценариев работы Нурекской ГЭС (1, 3 – энергетический режим, 2,4 – энерго-ирригационный) и влияния климата (1, 2 – нет влияния, 2,3 – влияние по REMO 0406) – результаты статистической обработки результатов численных экспериментов по составлению русловых балансов реки Амударьи за период 2020-2055 гг. При энергетическом режиме работы Нурекской ГЭС в условиях климатического влияния по REMO 0406 ожидается появление дефицита воды в 30 % от лимита в 6 случаях из 100, при переходе на энерго-ирригационный режим дефициты такой величины отсутствуют, но количество случаев дефицита в 20 % увеличивается до 11 из 100.

Таблица 33

Количество случаев (K) из 100 появления дефицита воды (D, %) при различных вариантах (case)

Варианты	Дефицит D, в % от лимита				
	10%	15%	20%	25%	30%
Case 1	23	20	6	11	0
Case 2	26	14	0	0	0
Case 3	17	23	6	9	6
Case 4	26	6	11	0	0

На рис. 52, 53 приводятся кривые, показывающие графически соотношение глубины дефицита (D, %) от количества случаев их появления (K) из 100 при четырех сочетаниях сценариев (case).

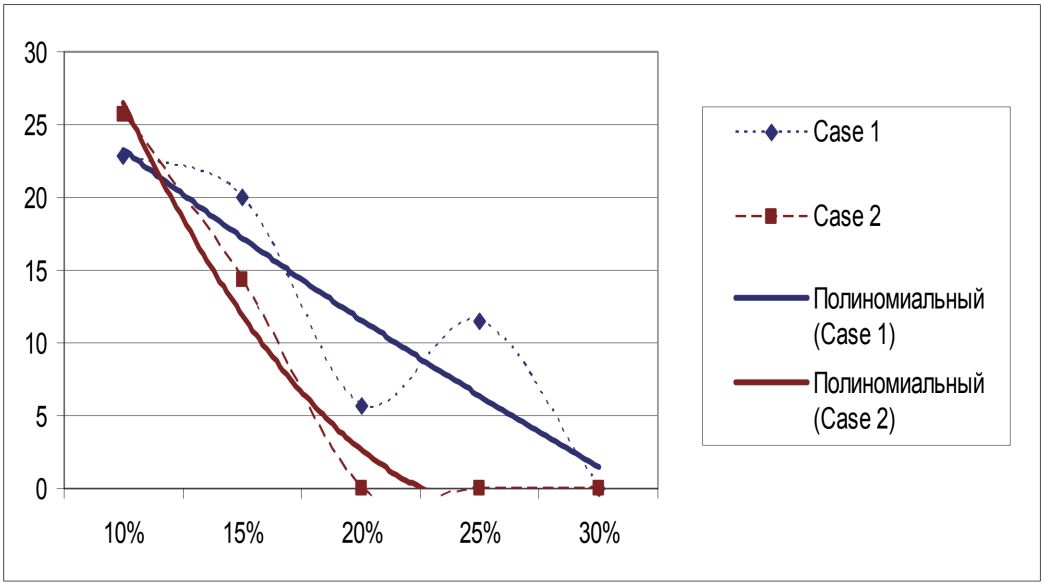


Рис 52 Зависимость глубины дефицита (D, %) от количества случаев их появления

(K) из 100: case 1 – энергетический режим работы Нурекской ГЭС, case 2 – энерго-ирригационный режим работы Нурекской ГЭС, влияние климата не учитывается

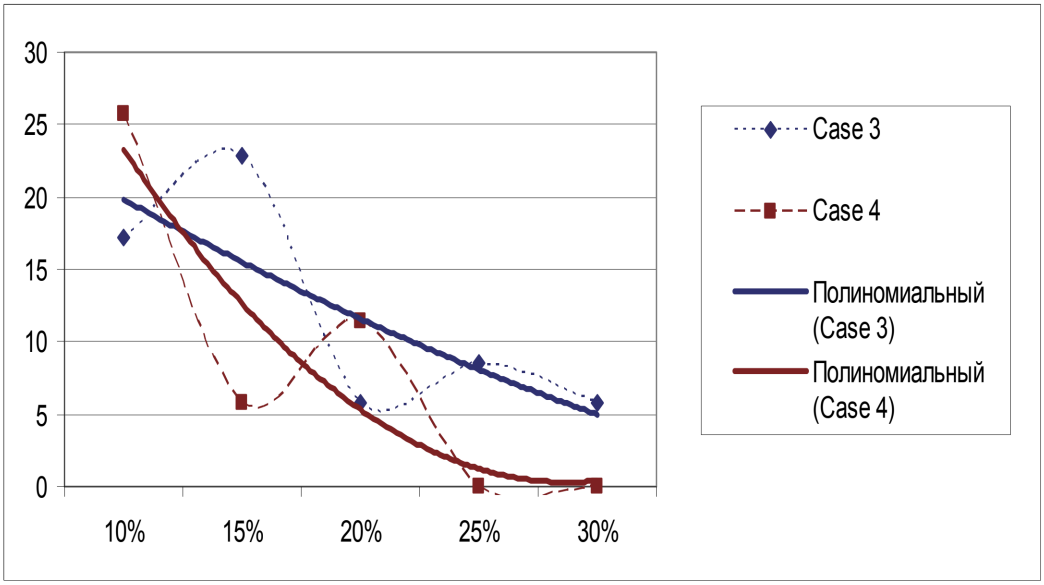


Рис 53 Зависимость глубины дефицита (D, %) от количества случаев их появления

(K) из 100: case 3 – энергетический режим работы Нурекской ГЭС, case 4 – энерго-ирригационный режим работы Нурекской ГЭС, влияние климата – по REMO 0406

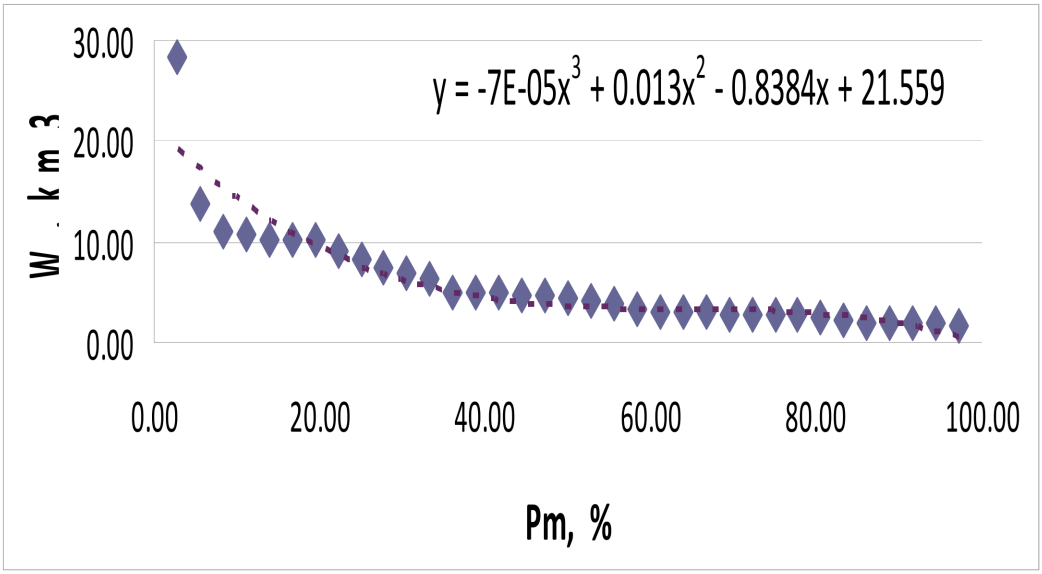


Рис 54 Кривая обеспеченности Pm (W) объемов стока реки Амударьи, поступающего в Южное Приаралье (обработка данных руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

Согласно расчетам в среднем за 2020-2055 гг в Южное Приаралье в зависимости от варианта будет поступать 5.9…7.8 км^3 воды, из них в Аральское море – 3.6..4.3 км^3 в год, т.е около 58 % суммарного поступления в озера и Арал. Объем стока в 9 км^3 и больше возможен в 23 случаях из 100, объем в 9 - 4 км^3 возможен в 37 случаях из 100, и объем стока меньше 4 км^3 - в 40 случаях из 100. Кривая обеспеченности Pm (W) объемов стока реки Амударьи, Поступающего в Южное Приаралье приводится на рисунке 54.

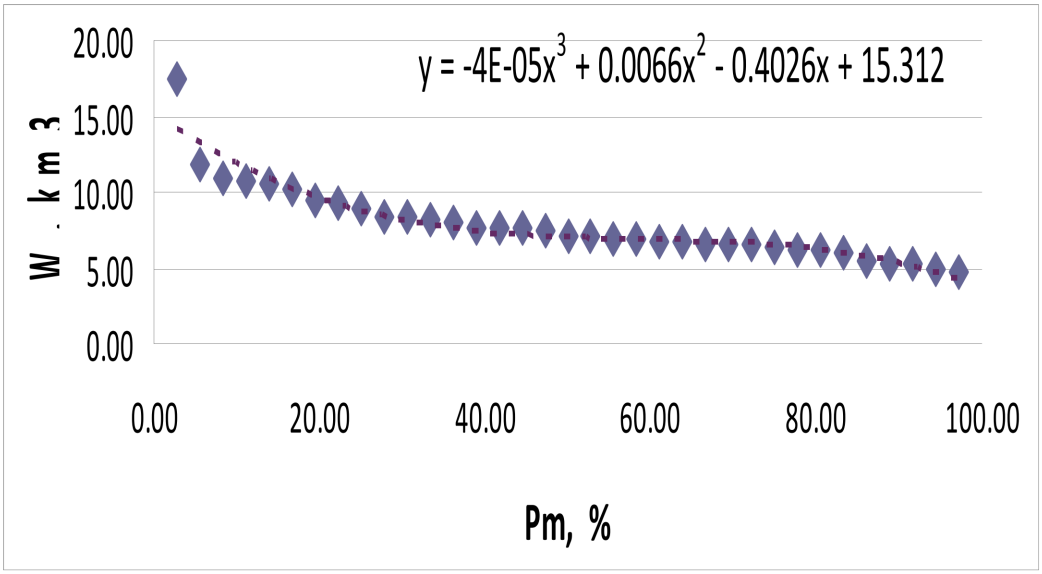


Рис 55 Кривая обеспеченности Pm (W) русловых потерь Амударьи, вариант 4 (обработка данных руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

Русловые потери в среднем за 2020-2055 годы оцениваются в 7.8…8.2 км^3 в год, при этом потери более 10 км^3 ожидаются в 14 случаях из 100, потери в диапазоне 7…10 км^3 ожидаются в 40 случаях из 100, и потери в диапазоне 5…7 км^3 ожидаются в 44 случаях из 100. Кривая обеспеченности Pm (W) русловых потерь Амударьи для варианта 4 приводится на рис.55.

2.6. Построение комплексных сценариев перспективного развития как синтез частных специфических сценариев

2.6.1. Схема сочетания сценариев

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 гг 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.

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 REMO-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 осеннее-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).

Таблица 34

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

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.

Таблица 35

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	B. Климатические изменения: B1. Нет климатических изменений B2. REMO-0406D. D. Развитие аграрного сектора: D1. Сохранение существующих тенденций D2. Продовольственная безопасность D3. Реализация экспортного потенциала	Случай 3.1. - сочетание сценариев B2., D1 Случай 3.2. - сочетание сценариев B2., D2 Случай 3.3. - сочетание сценариев B2., D3
4.Оценка водообеспеченности и продуктивности земель в ЗП в условиях зарегулированного ГЭС стока и рисков водозабора Афганистана	A. Ряды расходов рек в естественном режиме: A1. НИЦ МКВК, A2. НИГМИ (не для всех рек бассейна) B. Климатические изменения: B1. Нет климатических изменений B2. REMO-0406D. C. Режимы работы Нурекской ГЭС C1. Режим 2010-2015 гг C2. Максимизация зимней выработки C3. Дополнительная выработка в летний период (экспорт летней электроэнергии) D. Развитие аграрного сектора: D1. Сохранение существующих тенденций D2. Продовольственная безопасность D3. Реализация экспортного потенциала E. Водозабор Афганистана E1. В объемах 2010-2015 гг (2.5 км3) E2. Дополнительная подача – постепенный рост на 3.5 км3	Случай 4.1. - сочетание сценариев A1., B21.,C1.,D2.,E1 Случай 4.2. - сочетание сценариев A1., B21.,C1.,D2.,E1 Случай 4.3. - сочетание сценариев A1., B21.,C2.,D2.,E2 Случай 4.4. - сочетание сценариев A1., B21.,C2.,D2.,E2

2.6.2. Методика комплексной оценки

- Оценка осуществляется по водному и гидроэнергетическому секторам в пределах малого бассейна Амударьи, исключая Согдийскую область Таджикистана, Самаркандскую, Навоийскую области и часть Кашкадарьинской области Республики Узбекистан, в увязке ЗП с балансовыми участками рек (верхнее, среднее и нижнее течения),
- Водозабор из трансграничных источников (полученный в результате составления руслового баланса) сравнивается с лимитами на водозабор в каналы, а также с расчетными значениями спроса на воду ЗП (полученными на модели ЗП суммированием расчетных потребностей для орошения, коммунально-бытового сектора, промышленности и др.), по сценариям BAU, FSD, ESA, учитывающим климатическое влияние,

- Дефицит воды по участкам трансграничных источников оценивается по русловому балансу, а дефицит ЗП определяется сопоставлением трансграничного водозабора с требованиями на воду ЗП,
- Для увязки ЗП с участками рек расчетный водозабор на участках распределяется по ЗП с некоторой корректировкой для отдельных магистральных каналов и ЗП, - для Гарагумдарьи учитывается, что часть ее стока подается в ЗП Балкан, а часть стока по Амубухарскому каналу – в Навоийскую ЗП, которые не входят в зону исследований PEER; учитывается также, что часть требований ЗП может покрываться местными источниками, к таким ЗП относятся - Сурхандарья, Ахал, Мары, в меньшей мере Карши и Бухара,
- Оценка обеспеченности подачи воды на экологические нужды осуществляется по дефициту воды, подаваемой в Южное Приаралье и Аральское море исходя из суммарной потребности в 9 км^3; подача воды в каналы нижнего течения на экологические нужды являются обязательными и выполняются полностью,
- Оценка выработки э/э по Вахшскому каскаду (включая Нурекскую ГЭС) выполняется в сопоставлении с трендом роста спроса на э/э Таджикистана для территории малого бассейна Амударьи, а также с требованиями всего Таджикистана, - при таком сравнении определяется возможность передачи э/э в Согдийскую область Таджикистана, экспортный потенциал; потери в гидроэнергетике оцениваются по дефициту э/э и ценам на э/э,
- Оценка развитие орошаемого земледелия осуществляется по сценариям BAU, FSD, ESA (определяющим состав с/х культур, объемы, площади ввода и темпы инноваций) в предположении сохранения в каждом государстве суммарных орошаемых площадей; продуктивность земли ($/га) и воды ($/м^3) определяется по результатам численных экспериментов – расчетов на модели ЗП; по данным дефицита воды и продуктивности рассчитывается величина ущерба в орошаемом земледелии (потеря продукции в денежном выражении),
- Консенсус в бассейне определяется поиском варианта, обеспечивающего максимальную продуктивность водных и гидроэнергетических ресурсов, - по секторам стран в целом по бассейну, на базе сотрудничества и кооперации, включая,
- Вариант по консенсусу должен обеспечить: i) максимальную годовую выработку э/э на Вахшском каскаде ГЭС (при этом должна существовать возможность осуществления экспорта-импорта сезонных объемов э/э), ii) максимальную продуктивность, получаемую в орошаемом земледелии для стран и бассейна в целом (при этом должна существовать возможность осуществления экспорта-импорта с/х продукции), iii) минимальную гарантированную подачу в Южное Приаралье (85 % от необходимой подачи воды),
- Выгоды и потери (ущербы) оцениваются по странам, секторам и бассейну в целом (суммированием по секторам), в том числе на 1 человека (тренды численности взяты по исследованиям проекта PEER)

2.6.3. Формирование водных ресурсов в условия влияния климата

Воздействие наблюдаемого изменения климата на основные факторы формирования стока рек бассейна Амударьи признано более значительным, чем для бассейна Сырдарьи. Большинство моделей формирования стока, которые используют « мягкие» климатические сценарии, не предполагают заметного снижения стока основных рек бассейна Амударьи до 2030 года. Но уже к 2050 году сокращение водных ресурсов бассейна Амударьи возможно. Увеличатся отклонения годового стока от средних многолетних значений. Ожидается, что потепление вызовет во внутригодовом режиме рек сдвиги характерных дат половодья; пик половодья может быть перенесен на более ранние сроки.

В проекте PEER при оценке воздействия возможных изменений климата на водные ресурсы были введены коррективы в естественный, циклический ряд объемов стока. При этом из открытых источников были использованы коэффициенты, показывающие отклонения объемов стока рек по месяцам от норм, полученные гидрологическим моделированием на климатических данных REMO-0406 - проекции для ЦА сценария среднего потепления, основанного на A1B, и рассчитанного по модели общей циркуляции ECHAM 5.

Для вегетационных периодов к 2055 году снижение нормы стока (среднемноголетних величин) по REMO-0406 составит: для реки Вахш 5%, реки Пяндж 6 %, реки Кафирниган – 8 % и Сурхандарьи – 6 %. Снижение норм стока этих рек в июле составит 12-25 %.

2.6.4. Оценка руслового баланса

Оценка руслового баланса на 2020-2055 гг проводилась по четырем вариантам - случаям сочетания сценариев (обозначение на графиках « Case»), таблица 36.

Таблица 36

Сочетание сценариев

Режимы работы Нурекской ГЭС:	**Сценарии влияния климатических изменений:**	
	Нет влияния	**Влияние по REMO 04-06**
Энергетический	Case 1	Case 3
Энерго-ирригационный	Case 2	Case 4

Во всех вариантах учтено влияние Афганистана на сток рек Пяндж и Вахш, которое выражается в росте водозабора из рек, а также сокращение стока реки Амударья, вызываемое прекращением сброса КДВ в среднем течении в Амударью (таблица 37).

Таблица 37

Факторы, влияющие на сокращение стока реки Амударьи, млн.м3

	2020	2025	2035	2045	2050
1.Увеличение водозабора Афганистана	0	500	1000	2000	3000
2.Водозабор Афганистана	3000	3500	4000	5000	6000
3.Уменьшение сброса КДС в Амударью с Туркменистана	200	790	1970	1970	1970
4.Снижение водности Амударьи (1+3)	200	1290	2970	3970	4970

Если проследить динамику стока рек бассейна Амударьи за 2015/2016 – 2054/2055 гг , то можно отметить ряд маловодных лет, которые приходятся на следующие годы: 2022 год – 54.98 км^3/год (80 % от нормы), 2031 год – 49.89 км^3/год (73 % от нормы), 2039 год – 53.67 км^3/год (78 % от нормы), 2043 год – 50.98 км^3/год (74 % от нормы).

Объемы естественного (не зарегулированного) стока рек бассейна Амударьи, рассчитанные на базе существующих циклов рек с учетом влияния климатических изменений, приводятся в таблице 38. В таблице39 показаны ожидаемые изменения крупнейшего притока Амударьи – реки Пяндж под влиянием климата.

Таблица 38

Сток рек бассейна Амударьи по периодам с учетом влияния климатических изменений (REMO 0406), куб.км / год

Период	Пяндж	Вахш	Кафирниган	Сурхандарья	Кундуз	Амударья
2016-2025	33.29	18.88	5.16	3.20	4.31	64.84
2026-2035	35.93	19.74	5.07	3.26	4.44	68.44
2036-2045	31.83	18.72	5.24	3.39	4.42	63.61
2046-2055	36.96	19.13	5.90	3.82	4.37	70.18

Таблица 39

Пяндж: изменение нормы стока по сценарию REMO 0406

Месяцы	Норма	2020 год		2040 год		2060 год	
	млн.м^3	%	млн.м^3	%	млн.м^3	%	млн.м^3
окт	1 698	101	1715	103	1749	104	1766
ноя	1 300	101	1313	103	1339	104	1352
дек	1 196	100	1196	102	1220	103	1232
янв	1 136	100	1136	102	1159	103	1170
фев	1 075	102	1096	104	1117	105	1128
мар	1 445	102	1474	104	1503	105	1517
апр	2 323	105	2439	105	2439	106	2462
май	3 623	102	3695	102	3695	101	3659
июн	5 385	95	5116	94	5062	92	4954
июл	6 637	93	6172	91	6039	86	5708
авг	5 572	95	5293	94	5238	91	5071
сен	2 868	101	2897	101	2897	100	2868
окт-мар	7849	101	7930	103	8087	104	8165
апр-сен	26407	97	25612	96	25370	94	24721
окт-сен	34256	98	33541	100	33456	98	32886

В таблице 40 приводятся результаты расчета руслового баланса для реки Амударьи на участках среднего (начиная от створа выше водозабора в Гарагумдарью) и нижнего течений – осреднение за период 2020-2055 гг, максимальные и минимальные значения из этого ряда; данные приводятся по 4-м вариантам (Case 1, ..4) по годовым значения (октябрь-сентябрь) и за вегетацию (апрель-сентябрь) В приложении 4 приводится таблица сравнения 4-х вариантов годового руслового баланса реки Амударьи по годам с 2020 по 2055 годы.

Таблица 40

Элементы руслового баланса реки Амударья по вариантам: объемы воды за год и по сезонам, км^3

Годовые объемы	Case	Среднее за 2020-2055	Max	Min
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью	1	54,85	91,66	38,90
	2	54,66	92,21	39,03
	3	53,58	89,24	37,80
	4	53,39	89,79	37,78
Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ)	1	32,36	66,73	19,48
	2	31,58	67,10	18,54
	3	31,29	64,45	18,79

Годовые объемы	Case	Среднее за 2020-2055	Max	Min
	4	30,53	64,81	18,10
Подача воды в озера Южного Приаралья	1	3,49	5,00	0,00
	2	2,57	5,00	0,00
	3	3,46	5,00	0,00
	4	2,26	5,00	0,00
Подача воды в Аральское море по реке Амударья и коллекторам	1	5,41	32,26	2,12
	2	5,08	29,08	1,98
	3	4,79	30,51	1,96
	4	4,76	27,42	2,53
Водозабор	1	51,57	55,24	45,37
	2	52,97	55,24	46,95
	3	51,23	55,24	43,39
	4	52,58	55,24	44,98
Русловые потери	1	8,23	16,50	5,13
	2	8,18	18,23	4,82
	3	7,84	15,83	4,97
	4	7,84	17,47	4,65
Дефицит воды	1	3,67	9,87	0,00
	2	2,27	8,29	0,00
	3	4,01	11,85	0,00
	4	2,66	10,26	0,00
Объемы за апрель-сентябрь				
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью	1	40,14	72,85	25,77
	2	43,55	77,30	28,39
	3	38,49	70,11	24,40
	4	41,91	74,56	27,26
Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ)	1	25,28	55,41	14,14
	2	27,88	59,64	15,25
	3	23,84	52,82	12,84
	4	26,47	57,04	14,86
Подача воды в озера Южного Приаралья	1	2,14	3,00	0,00
	2	1,70	3,00	0,00
	3	1,94	3,00	0,00
	4	1,41	3,00	0,00
Подача воды в Аральское море по реке Амударья и коллекторам	1	4,27	28,62	1,68
	2	4,05	25,21	1,62
	3	3,59	26,63	1,51
	4	3,61	23,29	1,55
Водозабор	1	35,82	39,49	29,62
	2	37,63	39,49	33,57

Годовые объемы	Case	Среднее за 2020-2055	Max	Min
	3	35,48	39,49	27,64
	4	37,23	39,49	31,59
Русловые потери	1	7,08	14,46	4,27
	2	7,30	16,33	4,25
	3	6,64	13,72	4,10
	4	6,93	15,50	4,05
Дефицит воды	1	3,67	9,87	0,00
	2	1,86	5,92	0,00
	3	4,01	11,85	0,00
	4	2,26	7,90	0,00

Водные ресурсы в створе выше водозабора Гарагумдарьи в среднем за период (2020-2055 гг) оцениваются в зависимости от варианта в 53.4-54.9 км^3 в год (87 % от среднего стока за 1980-1999 гг, 106 % от среднего стока за 2010-2015 гг). При этом влияние климата в целом за год (разница между вариантами 1 и 3, 2 и 4) составляет всего 1.27 км^3 или 2 % от годового стока реки. Максимальный сток реки в этом створе оценивается в 89.8-92.2 км^3, минимальный – 37.8-39.0 км^3.

За вегетацию (прель-сентябрь) в створе выше водозабора Гарагумдарьи в зависимости от варианта ожидается сток в объеме 38.5-43.6 км^3. В этот период заметно влияние режима работы Нурекской ГЭС: при ее работе в энерго-ирригационном режиме (варианты 2 и 4) по реке Амударья проходит больший объем воды, чем при энергетическом режиме (варианты 1 и 3). При переходе с энергетического на энерго-ирригационный режим прибавка стока Амударьи в вегетацию оценивается приблизительно в 3.4 км^3 или 8..9 % от стока реки в апреле-сентябре.

Средний за 1980-1999 гг годовой сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью составляет (по данным БД НИЦ МКВК) 62.2 км^3, в том числе в вегетационный период (апрель-сентябрь) – 45.8 км^3. За период 2010-2015 гг (принятый за базовый в проекте PEER) средний годовой объем стока составил 51.2 км^3, в том числе в вегетационный период – 34.0 км^3.

В створе г/п Бирата (приток к ТМГУ) годовой объем воды по реке Амударья в среднем за период (2020-2055 гг) оцениваются в зависимости от варианта в 30.5…32.4 км^3 в год. Максимальный сток реки в этом створе оценивается в 64.4…67.1 км^3, минимальный – всего 18.1…19.5 км^3.

Дефицит воды в бассейне (подаваемой по лимитам) в среднем за 2020-2055 годы оценивается в зависимости от вариантов в 2.3…4.01 км^3, но может достигать в отдельные годы 8…12 км^3. Энергетический режим Нурекской ГЭС может повысить годовой дефицит (по сравнению с энерго-ирригационным режимом) по бассейну в среднем за 2020-2055 гг на 1.3…1.4 км^3, а в вегетацию – на 1.8 км^3. В маловодные годы дефицит, вызываемый энергетической работой Нурекской ГЭС может составить около 4 км^3.

Русловые потери в реке Амударья в среднем за 2020-2055 гг оцениваются приблизительно в 8 км^3, что составляет около 15 % стока Амударьи в створе выше водозабора в Гарагумдарью. В отдельные особо многоводные годы потери могут возрастать до 16…18 км^3, а в особо маловодные годы снижаться до 5 км^3.

При расчете русловых потерь в проекте PEER были использованы полученные зависимости потерь от стока реки на участке: для среднего течения – линейные зависи-

мости, показывающие потери в 1..4 % от стока реки, в низовьях – полиноминальные зависимости 2-й степени, показывающие потери в вегетацию в пределах 20..30 %, а в период с октября до марта – в пределах 10..22 % (отчет А.Сорокина, раздел 2.1, август 2016 г)

Подача воды в озера Южного Приаралья и в Аральское море по реке и коллекторам составляет в среднем за период (2020-2055 гг) в зависимости от варианта в 7.02…8.9 км^3. В целом за 2020-2055 гг обеспеченность водой Южного Приаралья оценивается (из потребности в 9 км^3) в 78-100 % .

Южное Приаралье в проекте PEER рассматривается как экосистема « Дельта-Море» – единая система озер и ветландов, расположенная в дельте реки Амударья, имеющая определенную потребность в ежегодных водных ресурсах. Приаралье включает Междуреченское водохранилище на реке Амударья, ряд озер и водоемов (озеро Судочье, Джилтырбас и др.), а также Восточную и Западную части Большого Аральского моря. Потребность в водных ресурсах Приаралья определяется необходимостью поддерживать его устойчивое функционирование на определенном уровне - пополнять водой озера дельты, осуществлять проточность, подавать воду в Арал, а также поддерживать санитарные расходы по реке Амударья. В данные требования не входят санитарно-экологические попуски в каналы нижнего течения, выделяемые ежегодно МКВК отдельно в объеме 800 млн.куб.м. Общие потребности Южного Приаралья оцениваются в 8..9 км^3 в год (отчет А.Сорокина по проекту PEER, 2.6).

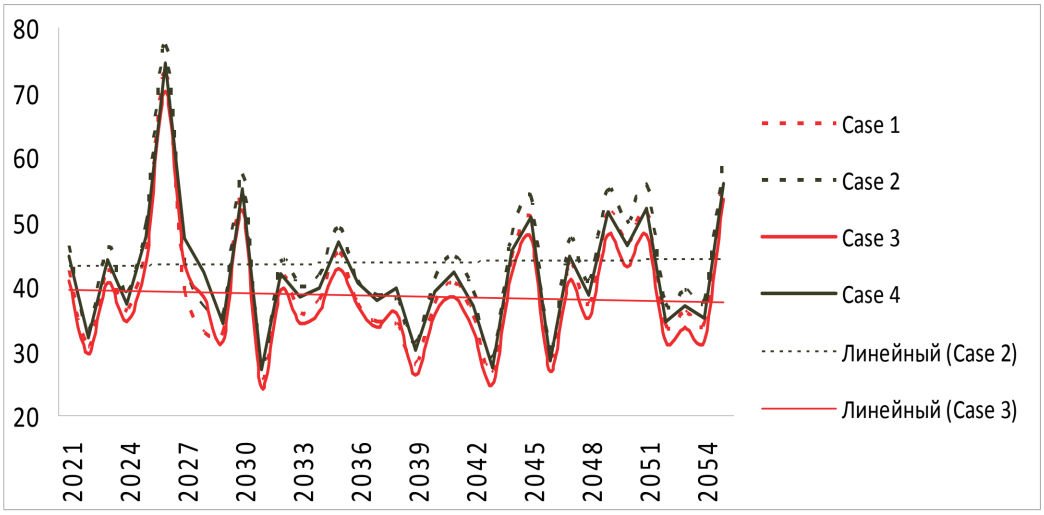


Рис. 56. Динамика объемов годового стока реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью за 2020-2055 гг по вариантам, км^3

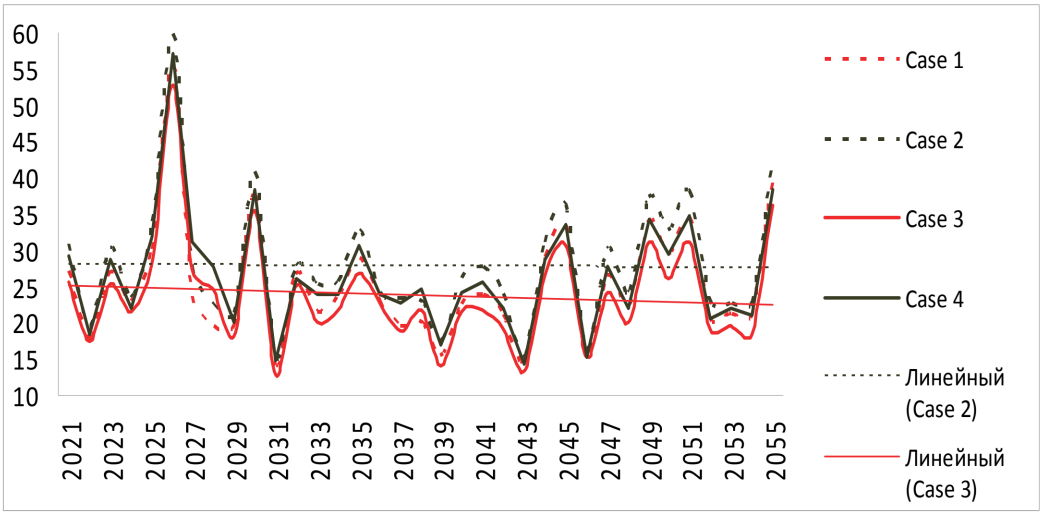


Рис. 57. Динамика объемов стока реки Амударья за вегетационные периоды (апрель-сентябрь) в створе Бирата (приток к ТМГУ) за 2020-2055 гг по вариантам, км^3

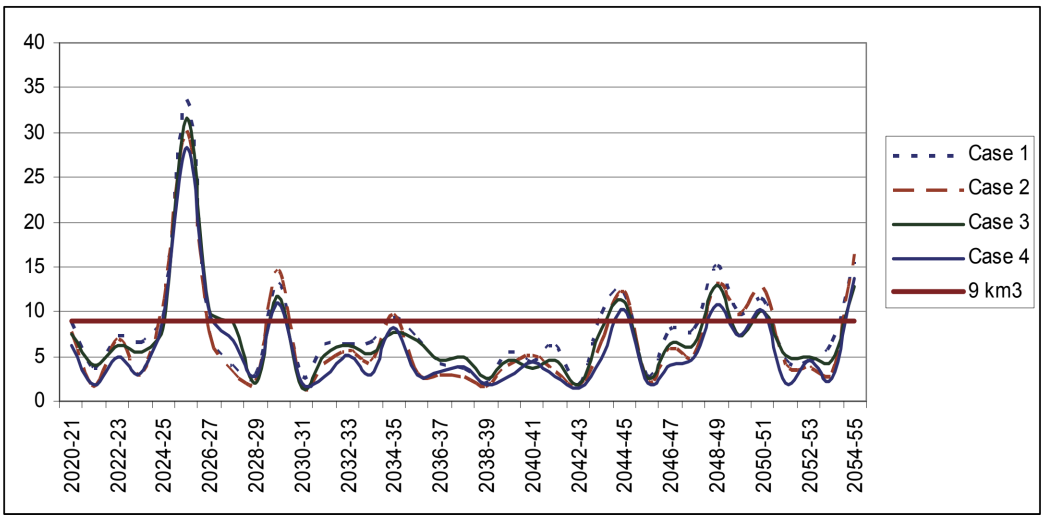


Рис. 28. Динамика годовых объемов стока, поступающего в Южное Приаралье – в озера и Аральское море по вариантам, км^3

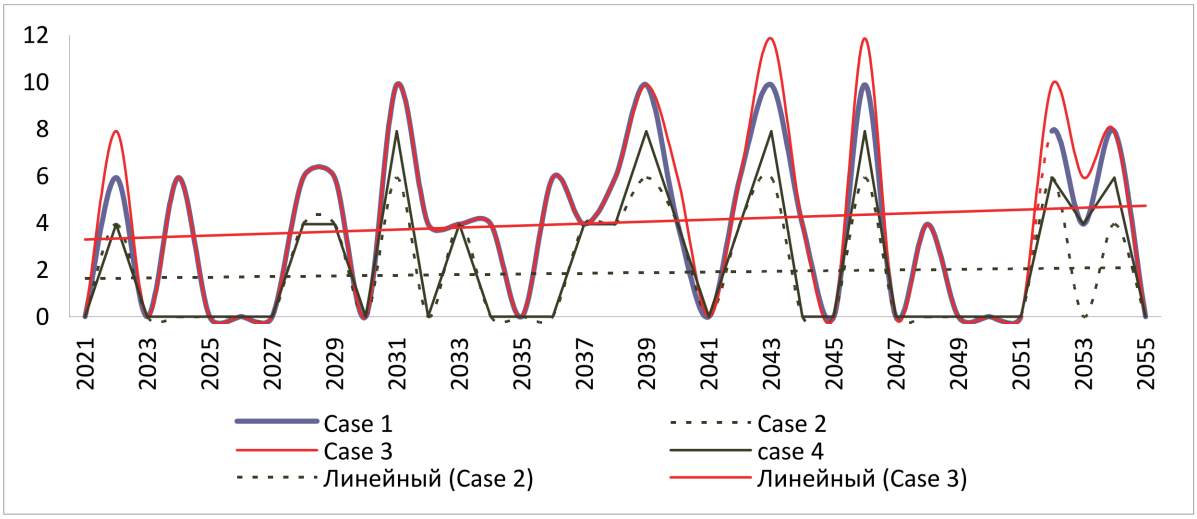


Рис. 59. Динамика дефицита воды в бассейне Амударьи за вегетационные периоды (апрель-сентябрь) за 2020-2055 гг по вариантам, км^3

Проследить разницу в составляющих руслового баланса между вариантами (case 1, 2, 3, 4) можно по динамике трансформации стока реки Амударьи за вегетационные периоды, показывающих влияние климата и режимов ГЭС.

В таблице 41 приводятся результаты русловых балансов всего бассейна Амударьи, т.е реки Амударьи (включая верхнее, среднее и нижнее течения) и ее притоков – рек Вахш, Пяндж, Кафирниган и Сурхандарья, - осреднение за 2020-2055 годы. Данные приводятся для двух случаев сочетания сценариев – варианта 3 и варианта 4.

Таблица 41

Русловой баланс рек малого бассейна Амударьи (год, вегетационный Период) – осреднение за 2020-2055 годы для энергетического (Case 3) и энерго-ирригационного (Case 4) режима работы Нурекской ГЭС в условиях влияния климатических изменений

№	Статьи баланса (км^3)	Case 3		Case 4	
		окт-сен	апр-мар	окт-сен	апр-мар
	БАССЕЙН РЕКИ ВАХШ				
1	Приток к Нурекскому гидроузлу	19.66	16.11	19.66	16.11
3	Попуск Нурекского гидроузла	19.66	11.98	19.63	15.71
6	Водозабор из реки Вахш	6.62	4.16	6.76	4.37
8	Дефицит	0.47	0.47	0.33	0.26
10	Сток реки Вахш: устье	14.58	8.81	14.45	12.32
	БАССЕЙН РЕКИ ПЯНДЖ				
1	Пяндж (Хирманджой) + Кокча	34.68	26.49	34.68	26.49
3	Водозабор Афганистана	1.57	1.25	1.57	1.25
6	Водозабор из реки Пяндж	1.55	1.28	1.60	1.34
7	Дефицит воды	0.14	0.14	0.09	0.08
11	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	32.70	24.83	32.65	24.78

№	Статьи баланса ($км^3$)	Case 3		Case 4	
		окт-сен	апр-мар	окт-сен	апр-мар
	БАССЕЙН РЕКИ КАФИРНИГАН				
1	Учтенный приток	5.38	4.39	5.38	4.39
2	Подача в бассейн Сурхандарьи	0.30	0.25	0.30	0.25
3	Водозабор Верхне-Кафирниганской ЗП	2.00	1.75	2.00	1.75
4	Водозабор Нижне-Кафирниганской ЗП	0.83	0.66	0.85	0.69
5	Дефицит воды	0.07	0.07	0.05	0.04
9	Сток реки Кафирниган: устье	2.71	2.21	2.70	2.19
	БАССЕЙН РЕКИ СУРХАНДАРЬЯ				
1	Учтенный приток	3.46	2.84	3.46	2.84
2	Подача из бассейна реки Кафирниган	0.30	0.25	0.30	0.25
3	Подача из реки Амударья	1.45	1.08	1.49	1.13
4	Водозабор Каратаг-Ширкентской ЗП	0.40	0.32	0.40	0.32
5	Водозабор Сурхандарьинской ЗП	4.20	3.40	4.20	3.40
	в том числе: из Амударьи	1.45	1.08	1.49	1.13
6	Дефицит воды (по подаче из Амударьи)	0.12	0.12	0.08	0.07
11	Сток реки Сурхандарья: устье	1.54	1.27	1.59	1.32
	РЕКА АМУДАРЬЯ				
1	Сток реки Вахш: устье	14.58	8.81	14.45	12.32
2	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	32.70	24.83	32.65	24.78
5	Река Кундуз: сброс в реку Амударья	3.51	2.45	3.51	2.45
6	Сток реки Кафирниган: устье	2.71	2.21	2.70	2.19
7	Сток реки Сурхандарья: устье	1.54	1.27	1.59	1.32
8	Водозабор из Амударьи в Сурхандарьинскую ЗП	1.45	1.08	1.49	1.13
9	Дефицит воды в Сурхандарьинской ЗП	0.12	0.12	0.08	0.07
10	Возвратный сток в Амударью	0.25	0.20	0.25	0.20
11	Русловые потери	0.28	0.20	0.27	0.22
12	Сток реки Амударья: приток к среднему течению	53.58	38.49	53.39	41.91
13	Водозабор в Гарагумдарью - ЗП Мары, Ахал, Балкан	10.84	7.03	11.09	7.37
14	Дефицит воды	0.79	0.79	0.54	0.45
15	Водозабор в КМК (Каршинская ЗП)	4.13	2.43	4.20	2.55
16	Дефицит воды	0.27	0.27	0.20	0.15
17	Водозабор в АБМК (Бухарская и Навоийская ЗП)	4.26	2.72	4.36	2.86
18	Дефицит воды	0.31	0.31	0.21	0.17
19	Водозабор Лебапскую ЗП	3.66	2.37	3.75	2.49
20	Дефицит воды	0.27	0.27	0.18	0.15

№	Статьи баланса ($км^3$)	Case 3		Case 4	
		окт-сен	апр-мар	окт-сен	апр-мар
21	Итого водозабор среднего течения Амударьи	22.89	14.55	23.39	15.26
22	Возвратный сток с Лебапской ЗП (Туркменистан)	0.59	0.38	0.60	0.40
23	Возвратный сток с Каршинской ЗП (Узбекистан)	0.50	0.29	0.50	0.31
24	Возвратный сток с Бухарской ЗП (Узбекистан)	1.07	0.68	1.09	0.71
25	Русловые потери	1.55	1.45	1.66	1.60
26	Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ)	31.29	23.84	30.53	26.47
29	Попуск из ТМГУ (сброс в реку + водозабор)	30.13	22.85	29.34	22.97
30	Водозабор в Дошогузскую ЗП	5.93	4.53	6.12	4.75
31	Дефицит воды в Дошогузской ЗП	0.51	0.51	0.32	0.29
32	Водозабор в Хорезскую ЗП	4.34	3.10	4.46	3.25
33	Дефицит воды в Хорезской ЗП	0.35	0.35	0.23	0.20
34	Водозабор в ЗП Республики Каракалпакистан	7.64	6.14	7.90	6.44
35	Дефицит воды в Республике Каракалпакистан	0.69	0.69	0.43	0.39
36	Итого водозабор в низовьях Амударьи	17.91	13.77	18.48	14.44
37	Дефицит воды в низовьях	1.55	1.55	0.98	0.88
38	Аварийно-экологические попуски в каналы	0.80	0.80	0.80	0.80
	В том числе: в Дошогузскую ЗП	0.15	0.15	0.15	0.15
	в Хорезмскую ЗП	0.15	0.15	0.15	0.15
	вЗП Республики Каракалпакистан	0.50	0.50	0.50	0.50
43	Русловые потери	4.74	4.02	4.71	4.07
44	Сток реки Амударья по г/п Саманбай	6.69	4.26	5.36	3.65
45	Подача речной воды в озера Приаралья	3.46	1.94	2.26	1.41
46	Дефицит воды в системе озер	1.54	1.06	2.74	1.59
50	Подача в Арал по реке и КДВ	4.79	3.59	4.76	3.61
51	ВСЕГО ВОДОЗАБОР	51.23	35.48	52.58	37.23
54	ВСЕГО ПОТЕРИ ВОДЫ	7.84	6.64	7.84	6.93
56	ВСЕГО ДЕФИЦИТ	4.01	4.01	2.66	2.26

2.6.5. Гидроэнергетика

Современный дефицит э/э в Таджикистане вызван высоким спросом потребления электроэнергии в зимний период (определяется структурой потребления и тарифами на электроэнергию) и недостаточным количеством поставляемой электроэнергии (во многом определяется эффективностью работы Нурекской ГЭС и потерями э/э). В перспективе дефицит э/э в Таджикистане будет зависеть от возможности учета региональных выгод от производства э/э, а также политики Таджикистана по экспорту-импорту сезонных объемов выработки э/э. Важным фактором станут тарифы, которые будут устанавливаться для жилого сектора, промышленности, экспортные тарифы.

При оценке сценариев работы Вахшского каскада ГЭС в проекте PEER рассчитывались показатели, отражающие выработку э/э и дефицит э/э в абсолютном и стоимостном выражении, полученные в результате оценки балансов ресурсов на основе анализа « предложение - спрос».

Оценка стоимости э/э (как произведение тарифа на выработку) осуществлена на основе экспортной цены э/э в 6.2 цента/кВт.ч (рассчитанной в проекте CASA – этап 2), принятой постоянной на период 2020-2055 гг; что позволяет оценивать эффективность гидроэнергетики в динамике на перспективу без учета фактора роста цен (по аналогии с принятыми постоянными на 2020-2055 гг ценами на с/х продукцию орошаемого земледелия).

Таблица 42

Годовая выработка э/э на Вахшском каскаде и ее стоимость

Период	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / год		Стоимость э/э, млн.$/год		
	Case 3	Case 4	Case 3	Case 4	Case 4 - Case 3
2020-2030	15295	16090	948	998	49
2030-2040	14195	14931	880	926	46
2040-2050	14517	15238	900	945	45
2050-2055	15188	16014	942	993	51
2020-2055	14743	15504	914	961	47

Таблица 43

Выработка э/э на Вахшском каскаде в вегетацию и ее стоимость

Период	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / вегетация		Стоимость э/э, млн.$		
	Case 3	Case 4	Case 3	Case 4	Case 4 - Case 3
2020-2030	9241	12597	573	781	208
2030-2040	8153	11634	505	721	216
2040-2050	8386	11633	520	721	201
2050-2055	9147	12471	567	773	206
2020-2055	8672	12028	538	746	208

Таблица 44

Выработка э/э на Вахшском каскаде в межвегетацию и ее стоимость

Период	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / межвегетация		Стоимость э/э, млн.$		
	Case 3	Case 4	Case 3	Case 4	Case 4 - Case 3
2020-2030	6054	3493	375	217	-159
2030-2040	6042	3297	375	204	-170
2040-2050	6130	3605	380	224	-157
2050-2055	6041	3542	375	220	-155
2020-2055	6071	3476	376	216	-161

Таблица 45

Избыток э/э вырабатываемой на Вахшском каскаде ГЭС и ее стоимость (спрос на э/э в Таджикистане взят без учета Спроса в Согдийской области)

Период	Избыток (+) э/э на каскаде, млн.кВт.ч в год		Стоимость избыточной э/э, млн $ в год	
	Case 3	Case 4	Case 3	Case 4
2020-2030	4523	5318	280	330
2030-2040	2508	3244	155	201
2040-2050	1739	2460	108	153
2050-2055	1399	2225	87	138
2020-2055	2668	3429	165	213

Таблица 46

Избыток э/э вырабатываемой на Вахшском каскаде ГЭС в вегетационный период (апрель-май) и ее стоимость (спрос на э/э в Таджикистане взят без учета спроса в Согдийской области)

Период	Избыток (+) э/э на каскаде в вегетацию, млн.кВт.ч		Стоимость избыточной э/э, млн $	
	Case 3	Case 4	Case 3	Case 4
2020-2030	4109	7465	255	463
2030-2040	2585	6065	160	376
2040-2050	2298	5545	143	344
2050-2055	2577	5902	160	366
2020-2055	2920	6276	181	389

Таблица 47

Избыток (+) и дефицит (-) э/э вырабатываемой на Вахшском каскаде ГЭС в октябре-марте и ее стоимость (спрос на э/э в Таджикистане взят без учета спроса в Согдийской области)

Период	Избыток (+) и дефицит (-) э/э в октябре-марте, млн.кВт.ч		Стоимость э/э, млн $	
	Case 3	Case 4	Case 3	Case 4
2020-2030	414	-2147	26	-133
2030-2040	-77	-2822	-5	-175
2040-2050	-560	-3085	-35	-191
2050-2055	-1178	-3677	-73	-228
2020-2055	-251	-2846	-16	-176

В варианте 4 (энерго-ирригационный режим) на каскаде в среднем за 2020-2055 годы вырабатывается электроэнергии на 761 млн.кВт.ч больше, чем при энергетическом режиме (вариант 3), что оценивается в 47 млн.$.

2.6.6. Афганистан

В рамках проекта PEER учитываются водные ресурсы Афганистана, составляющие реки Мургаб, Теджен, Кокча и Кундуз. Реки Мургаб и Теджен (по стоку на границе с Туркменистаном) учтены в местных ресурсах зон планирования Мары и Ахал, река Кокча – как составляющая водных ресурсов реки Пяндж, река Кундуз включена в схему трансграничных потоков бассейна Амударьи.

По данным НИЦ МКВК суммарное водопотребление из бассейна Пянджа и Амударьи на 1965 год оценивается 2.11 км^3/год, в том числе по бассейну реки Кундуз – 1.81 км^3/год, а по бассейну реки Кокча – 0.03 км^3/год. Современное суммарное водопо-

требление Афганистана из зоны, формирующей сток рек Пяндж и Амударья, оценивается приблизительно в 3 км^3 в год. В той же работе приводятся расчеты по вариантам потребности в воде Северного Афганистана на перспективу. Наиболее реалистичными являются варианта увеличения водопотребления Афганистана до 6 км^3, т.е на 3 км^3 к 2050 году по сравнению с современным водозабором. Данное водопотребление учитывается в балансовых расчетах, выполняемых в рамках проекта PEER.

2.6.7. Регулирование КДВ Туркменистана

Необходимым условием реализации проекта туркменского озеро XXI века (Алтын Асыр) должно стать Соглашение между Туркменистаном и Узбекистаном, в котором должны быть оценены риски по снижению стока Амударьи, поступающего в низовья, и прописаны условия, позволяющие их минимизировать. Основным трактам проекта озера Золотого века предлагается придать статус объектов межгосударственного значения и влияния, поскольку они используют КДВ, формируемые стоком трансграничной реки Амударья.

В перспективе в озеро Алтын Асыр планируется подавать ежегодно до 10 км^3 воды. При этом, отвод КДВ с Лебапской ЗП приведет к прекращению сброса КДВ в Амударью с левого берега и уменьшению стока реки в объеме 1,0-1,6 км^3 в год, что составляет в среднем около 6 % выделяемого для Туркменистана лимита на водозабор из реки Амударья. Соответственно, на 0,8-1,3 км^3 уменьшится приток в Приаралье.

В случае перехвата КДВ, формируемых в хорезмской области Республики Узбекистан, поступающих до настоящего времени в Сарыкамышское озеро, и транспортировки их в озеро Алтын Асыр, Сарыкамышское озеро ежегодно может терять по притоку до 3 км^3, что непременно скажется на его водном балансе. Новым Соглашением необходимо оговорить минимальный экологический попуск, направляемый в Сарыкамышское озеро, который обеспечил бы его сохранение как водной экосистемы межгосударственного значения, с установленными долями от Туркменистана и Узбекистана 20 %.

2.6.8. Обеспеченность Приаралья и Аральского моря

Для поддержания экосистем озер Южного Приаралья и Аральского моря по реке Амударья и сбросам КДВ должно поступать в среднем за многолетний период до 9 км^3/год воды. Подача воды в Аральское море не должна быть меньше 4 км^3 в год, а в озера – 3 км^3 в год (отчет А.Сорокина по проекту PEER, 2.6).

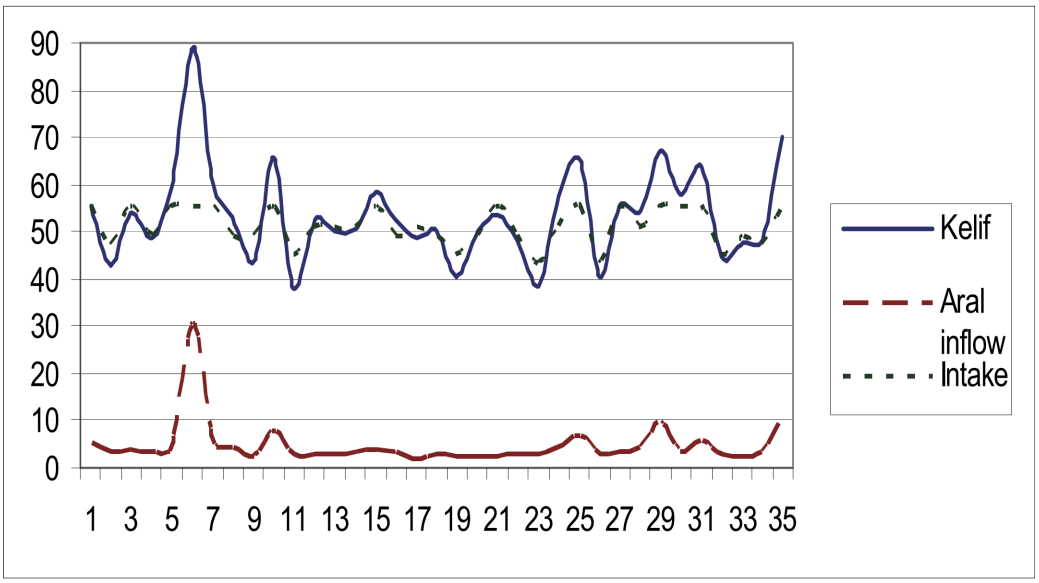


Рис. 60. Динамика трансформации стока реки Амударья (км^3) от створа Выше водозабора в Гарагумдарью (Келиф) до Аральского моря для 35 летнего ряда (2020–2055 гг.)

2.6.9. Обеспеченность зон планирования водными ресурсами

В среднем за 2020-2050 гг годовой дефицит воды (как разница лимитов и водозабора из трансграничных источников) в малом бассейне Амударьи (река Амударья и ее притоки) при энергетическом режиме работы Нурекской ГЭС (близком с современному, при котором максимум электроэнергии вырабатывается осенью и зимой), в условиях влиянии климата, роста водопотребления Афганистана (на 3 км^3 по сравнению с современным водозабором) и прекращении сброса КДВ в Амударью с территории Туркменистана, оценивается в 4 км^3. При этом уровень русловых потерь не превышает 8 км^3. Максимальные значения дефицита могут достигать 12 км^3 (2043, 2046 гг). Вероятность появления дефицита в 25–30 % от водозабора составляет 15 случаев из 100.

При работе Нурекской ГЭС в энерго-ирригационном режиме (комфортном к ирригационным графикам водозабора на орошение, при котором максимум электроэнергии вырабатывается за год) средний дефицит можно снизить с 4 до 2.5 км^3, с максимальными значениями в 8 км^3 (2043 год). При этом дефицит не будет превышать 20 % требуемого водозабора, и количество таких случаев (лет) снизится до 11 из 100.

В таблице 48 приводятся данные по расчетному водозабору из трансграничных источников и средний за период 2020-2055 гг дефицит водных ресурсов по вариантам работы Нурекской ГЭС: энергетическом (вариант 3) и энерго-ирригационном (вариант 4) режимах, влияние климата учтено по сценарию REMO 0406.

Одна из задач, поставленная в проекте PEER, заключалась в уточнении требуемого водопотребления ЗП в условиях климатических изменений при различных стратегиях развития орошаемого земледелия, которые рассматривались в качестве сценариев BAU, FSD и ESA.

Уточнение водопотребления выполнено методом моделирования, с использованием двух моделей: i) модели, рассчитываемой отдельные элементы водопотребления – эвапотранспирацию отдельных с/х культур, подпитку грунтовых вод, эффективную часть осадков, полученных по климатическим данным сценария REMO 0406 (Г.Солодкий), ii) модели ЗП (А.Сорокин, Р.Тошпулатов), которая рассчитывает водный баланс на основе данных Г.Солодкого и сценариев BAU, FSD и ESA, дающих тренды до 2055 года численности населения, состава с/х культур, внедрения инноваций на части площадей, повышающих урожайность и уменьшающих нормы полива.

В таблице 49 приводятся осредненные за период 2020-2055 гг данные по требуемой подачи воды в ЗП из трансграничных источников (река Амударья, Вахш, Пяндж, Кафирниган) по сценариям BAU, FSD, ESA - обработка результаты расчета на модели ЗП). Сравнение требуемого водопотребления показывает, что в среднем, водопотребление по сценарию ESA меньше водопотребления по сценарию FSD (в целом по бассейну) на 0.96 км^3/год.

Требуемое водопотребление, рассчитанное по сценарию ESA в целом по бассейну на 5 км^3/год ниже лимитов на водозабор, устанавливаемых в годы средней водности и выше, но на 0.44 км^3/год меньше урезанного лимита маловодного года (2007-2008 гг). Водопотребление, рассчитанное по сценарию FSD выше лимита на меньшую величину – на 4 км^3/год, а в маловодном году требуемое водопотребление превышает урезанный лимит на 1.4 км^3/год. Таким образом, величины требуемого водозабора из трансграничных источников, полученные моделированием находятся в пределах лимитов, установленных для среднего и маловодного годов.

Сравнение требуемого водопотребления (по сценарию ESA) с средними значениями водозабора показывает (таблица 50), что в целом по бассейну расчетный водозабор превышает требуемый: по варианту 3 (энергетический режим) на 1.02 км^3/год (2 % от водозабора), а по варианту 4 (энерго-ирригационный режим) – на 2.37 % (5 % от водозабора).

В маловодном году расчетный водозабор будет меньше требуемого (ESA): по варианту 3 на 6.8 км^3/год (дефицит в 14 %), а по варианту 4 - на 5.2 км^3/год (дефицит в 10 %). Таким образом, при переходе с энергетического режима на энерго-ирригационный при реализации стратегии ESA (ориентация на экспорт с/х продукции орошаемого земледелия) в маловодный год дефицит воды в целом по бассейну будет в пределах 10 %.

При реализации сценария FSD (продовольственная безопасность) и энергетическом режиме Нурекского гидроузла в маловодный год дефицит увеличивается до 7.8 км^3/год (15 %), что на 2.6 км^3/год больше, чет в сочетании сценариев FSD + Case 3.

Таблица 48

Водозабор из трансграничных источников и дефицит воды в бассейне Амударьи, в среднем за период 2020-2055 гг , по вариантам 3 и 4 (результаты руслового баланса)

Объекты водопотребления	Водозабор, км^3		Дефицит к лимиту, км^3	
	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 3	Вариант 4
Вахшская ЗП (TJ)	6.62	6.76	0.47	0.33
Пянджская ЗП (TJ)	1.55	1.60	0.14	0.09
Ниж.Кафирниганская ЗП (TJ)	0.83	0.85	0.07	0.04
Сурхандарьинская ЗП (UZ)	1.45	1.49	0.12	0.08
Итого верхнее течение	10.44	10.71	0.81	0.54
ЗП Мары, Ахал, Балкан (TM)	10.84	11.09	0.79	0.54
Каршинская ЗП (UZ)	4.13	4.20	0.27	0.20
Бухарская и Навоийская ЗП (UZ)	4.26	4.36	0.31	0.21
Лебапская ЗП (TM)	3.66	3.75	0.27	0.18
Итого среднее течение	22.89	23.39	1.64	1.14
ЗП Дашогуз (TM)	5.93	6.12	0.51	0.32
Хорезмская ЗП (TM)	4.34	4.46	0.35	0.23
ЗП РК (UZ)	7.64	7.90	0.69	0.43
Итого нижнее течение	17.91	18.48	1.55	0.98
Всего	51.23	52.58	4.01	2.66
Таджикистан	8.99	9.22	0.69	0.46
Туркменистан	20.43	20.95	1.57	1.05
Узбекистан	21.81	22.41	1.75	1.15

Таблица 49

Требуемая подача воды в ЗП из трансграничных источников по сценариям (обработка результаты расчета на модели ЗП), - осреднение за период 2020-2055 гг, млн.м^3/год

	BAU	FSD	ESA	ESA-FSD
Верхнее течение	8401	9612	9041	-571
Среднее течение	22591	24426	24383	-43
Нижнее течение	16074	17137	16788	-349
ВСЕГО	47066	51175	50212	-963
Таджикистан	7046	8269	7712	-557
Туркменистан	18817	21725	21586	-139
Узбекистан	21203	21181	20913	-267

Таблица 50

Требуемая подача воды в ЗП из трансграничных источников по Сценарию ESA в сравнении с расчетным водозабором по вариантам 3 и 4, - осреднение за период 2020-2055 гг, км3/год

	ESA 2020-2055	Case 3 2020-2055	Case 4 2020-2055	Case 3 - ESA	Case 4 - ESA
Верхнее течение	9.04	10.44	10.71	1.40	1.67
Среднее течение	24.38	22.89	23.39	-1.49	-0.99
Нижнее течение	16.79	17.91	18.48	1.12	1.69
ВСЕГО	50.21	51.23	52.58	1.02	2.37
Таджикистан	7.71	8.99	9.22	1.28	1.51
Туркменистан	21.59	20.43	20.95	-1.16	-0.64
Узбекистан	20.93	21.81	22.41	0.88	1.48

На рис. 61, 62 приводится динамика а требуемого водопотребления и водозабора в бассейне Амударьи на 2020-2055 гг при 2-х сочетаниях сценариев в условиях климатического влияния (REMO 0406):

- ESA + Case 3 - Ориентация на экспорт + Энергетический режим
- ESA + Case 4 - Ориентация на экспорт + Энерго-ирригационный режим

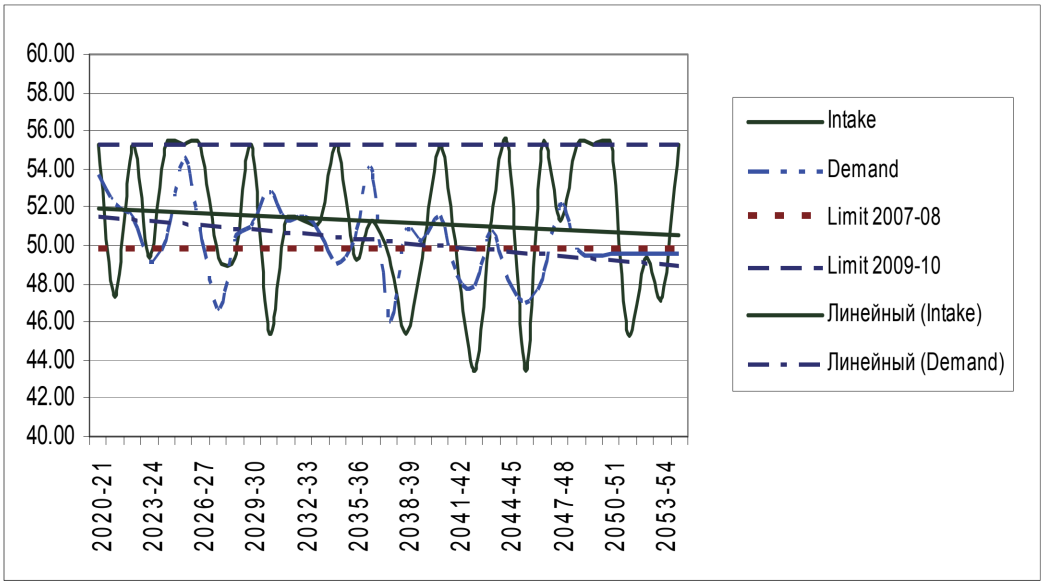


Рис. 61 Динамика требуемого водопотребления и водозабор в бассейне Амударьи на 2020-2055 гг. (км^3); сочетание сценариев: ESA + Case 3

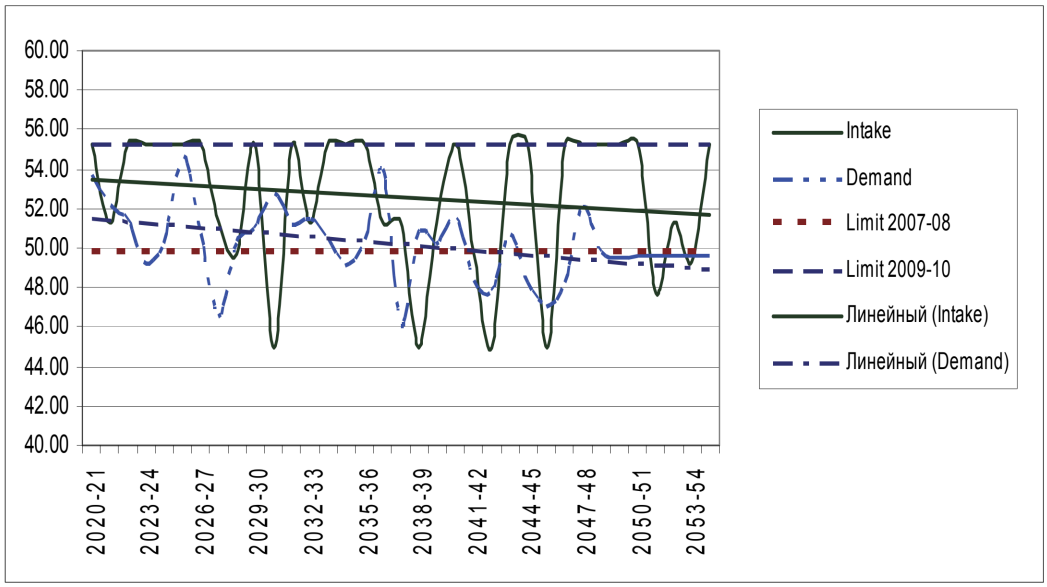


Рис. 62 Динамика требуемого водопотребления и водозабор в бассейне Амударьи на 2020-2055 гг. (км^3); сочетание сценариев: ESA + Case 4

2.6.10. Эффективность управления и регулирование стока

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, Тюямуюн, Кипчак, Саманбай, Кызылджар), то это, несомненно, повысило бы эффективность управление водными ресурсами (эффективность контроля за потерями воды и вододелением).

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. Расчетные режимы работы Нурекской ГЭС, рассматриваемые на перспективу (варианты 3 и 4 для условий климатического влияния) исключают холостые сбросы и потери э/э на них.

Главная задача ТМГУ - упорядочить систему управления бассейном Амударьи в низовьях и тем самым: i) обеспечить гарантированное водоснабжение населения питьевой водой посредством емкости Капарас, ii) снизить до минимума негативные последствия экстремальной водности (маловодье, паводки) и создать благоприятные условия для поддержания равномерной водоподачи на трансграничном уровне, включая подачу в Приаралье.

Работа Нурекского г/у и ТМГУ должна быть согласована в увязке с регулированием стока в внутрисистемных водохранилищах, имеющего свою специфику в маловодные и многоводные годы (сезоны). 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.

2.6.11. Продуктивность водно-земельных ресурсов и оценка потерь продукции

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 ущербов 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.

По данным НИЦ МКВК в первые годы независимости (период с 1992 по 2000 гг) продуктивность воды в орошаемом земледелии стран Центральной Азии снизилась до 0.01-0.05 $/м^3, в дальнейшем она выросла к 2010 году до 0.08-0.16 $/м^3. То же самое можно сказать и о продуктивности орошаемого гектара: в 2000 году она оценивалась в 120-530 $/га, к 2010 году – в 1000-1300 $/га.

Оценка НИЦ МКВК продуктивности воды и земли на 2015 год по ЗП приводится в таблицах 51 и 52. В этих же таблицах приводятся данные продуктивности оросительной воды и орошаемых земель ЗП, полученные в результате расчетов на период с 2020 до 2055 гг на модели ЗП – как стоимость продукции с/х, полученной на орошаемых землях поделенная на водозабор и площадь орошения.

Таблица 51

Продуктивность оросительной воды, подаваемой в ЗП бассейна Амударьи по сценариям (результаты расчета на модели ЗП)

ЗП	Продуктивность воды, $/м^3						
	BAU			FSD		ESA	
	2015	2020	2055	2020	2055	2020	2055
Бухара	0.40	0.38	0.39	0.41	0.76	0.43	0.94
Карши	0.22	0.15	0.17	0.18	0.42	0.20	0.57
Сурхандарья	0.32	0.22	0.24	0.24	0.62	0.26	0.80
Хорезм	0.13	0.19	0.19	0.21	0.39	0.21	0.55
Юж. Каракалпакстан	0.09	0.12	0.14	0.14	0.30	0.15	0.40
Сев. Каракалпакстан	0.09	0.13	0.18	0.16	0.28	0.16	0.37
Вахш	0.12	0.12	0.17	0.15	0.27	0.17	0.41
Пяндж	0.09	0.16	0.18	0.16	0.30	0.17	0.45
Н.Кафирниган	0.09	0.15	0.15	0.17	0.25	0.19	0.35
Ахал	0.23	0.17	0.23	0.20	0.60	0.21	0.78
Мары	0.19	0.14	0.19	0.16	0.41	0.16	0.49
Лебап	0.18	0.14	0.19	0.16	0.45	0.16	0.53
Дашогуз	0.12	0.10	0.10	0.12	0.26	0.13	0.41

Таблица 52

Продуктивность орошаемых земель ЗП бассейна Амударьи по сценариям (результаты расчета на модели ЗП)

ЗП	Продуктивность земли, $/га						
	BAU			FSD		ESA	
	2015	2020	2055	2020	2055	2020	2055
Бухара	1851	2729	2959	3104	6306	3218	7777
Карши	1335	1054	1205	1310	3106	1402	4208
Сурхандарья	2451	1850	1687	2088	4409	2231	5701
Хорезм	1398	1952	2165	2172	4502	2202	6238
Юж. Каракалпакстан	1036	1366	1631	1542	3579	1608	4533
Сев. Каракалпакстан	990	1502	2266	1825	3587	1907	4679
Вахш	291	2170	2731	2545	4572	2808	6308
Пяндж	1071	1279	1458	1310	2469	1404	3608
Н.Кафирниган	1044	2214	2421	2672	4344	2940	5673
Ахал	705	955	1161	1076	2949	1131	3845
Мары	1125	1150	1362	1274	3470	1307	4191
Лебап	1114	860	1090	951	2594	977	3169
Дашогуз	1110	774	776	974	2559	1003	3875

Таблица 53

Продуктивность оросительной воды и потери с/х продукции орошаемого земледелия в бассейне Амударьи для сценария размещения с/х культур ESA и вариантов регулирования стока 3 и 4

Объекты водопотребления	Продуктивность воды (ESA), .$/м^3	Потери с/х продукции , млн. $ / год	
		Вариант 3	Вариант 4
Вахшская ЗП (TJ)	0.29	136	95
Пянджская ЗП (TJ)	0.31	45	27
Ниж.Кафирниганская ЗП (TJ)	0.27	20	11
Сурхандарьинская ЗП (UZ)	0.53	65	41
Итого верхнее течение	0.32	265	175
ЗП Мары, Ахал, Балкан (TM)	0.41	325	223
Каршинская ЗП (UZ)	0.39	105	76
Бухарская и Навоийская ЗП (UZ)	0.69	211	146
Лебапская ЗП (TM)	0.35	92	63
Итого среднее течение	0.45	734	509
ЗП Дашогуз (TM)	0.27	138	87
Хорезмская ЗП (TM)	0.38	133	87
ЗП РК (UZ)	0.27	187	116
Итого нижнее течение	0.30	458	290
Всего	0.37	1457	974
Таджикистан	0.29	201	134
Туркменистан	0.36	556	374
Узбекистан	0.41	700	466

Таблица 54

Продуктивность оросительной воды и потери с/х продукции орошаемого земледелия в бассейне Амударьи для сценария размещения с/х культур FSD и вариантов регулирования стока 3 и 4

Объекты водопотребления	Продуктив-ность воды (FSD), .$/м^3	Потери с/х продукции , млн. $ / год	
		Вариант 3	Вариант 4
Вахшская ЗП (TJ)	0.21	99	69
Пянджская ЗП (TJ)	0.23	33	20
Ниж.Кафирниганская ЗП (TJ)	0.21	16	9
Сурхандарьинская ЗП (UZ)	0.43	52	34
Итого верхнее течение	0.24	200	131
ЗП Мары, Ахал, Балкан (TM)	0.34	270	185
Каршинская ЗП (UZ)	0.30	82	59
Бухарская и Навоийская ЗП (UZ)	0.59	180	124
Лебапская ЗП (TM)	0.31	82	56
Итого среднее течение	0.37	613	425
ЗП Дашогуз (TM)	0.19	97	62

Объекты водопотребления	Продуктив-ность воды (FSD), .$/м^3	Потери с/х продукции , млн. $ / год	
		Вариант 3	Вариант 4
Хорезмская ЗП (TM)	0.29	100	65
ЗП РК (UZ)	0.22	152	94
Итого нижнее течение	0.23	349	221
Всего	0.29	1162	778
Таджикистан	0.21	147	98
Туркменистан	0.29	448	303
Узбекистан	0.33	566	377

Таблица 55

Продуктивность оросительной воды и стоимость с/х продукции орошаемого земледелия в бассейне Амударьи для сценариев размещения с/х культур FSD, ESA и варианта регулирования стока 4 (энерго-ирригационный режим) в условиях влияния климата

Объекты водопотребления	Продуктивность воды (FSA), $/м^3	Продуктивность воды (ESA), $/м^3	С/х продукция, млрд.$	
			FSD	ESA
Вахшская ЗП (TJ)	0.21	0.29	1.42	1.96
Пянджская ЗП (TJ)	0.23	0.31	0.37	0.50
Ниж.Кафирниганская ЗП (TJ)	0.21	0.27	0.18	0.23
Сурхандарьинская ЗП (UZ)	0.43	0.53	0.64	0.79
Итого верхнее течение	0.24	0.32	2.61	3.48
ЗП Мары, Ахал, Балкан (TM)	0.34	0.41	3.77	4.54
Каршинская ЗП (UZ)	0.30	0.39	1.26	1.62
Бухарская и Навоийская ЗП (UZ)	0.59	0.69	2.55	2.98
Лебапская ЗП (TM)	0.31	0.35	1.14	1.29
Итого среднее течение	0.37	0.45	8.72	10.44
ЗП Дашогуз (TM)	0.19	0.27	1.16	1.65
Хорезмская ЗП (TM)	0.29	0.38	1.27	1.70
ЗП РК (UZ)	0.22	0.27	1.74	2.13
Итого нижнее течение	0.23	0.30	4.17	5.48
Всего	0.29	0.37	15.50	19.40
Таджикистан	0.21	0.29	1.97	2.69
Туркменистан	0.29	0.36	6.07	7.49
Узбекистан	0.33	0.41	7.46	9.22

В таблицах 53, 54 приводятся данные по продуктивности оросительной воды и потерь с/х продукции в орошаемом земледелии в бассейне Амударьи для сценариев размещения с/х культур ESA, FSD и вариантов регулирования стока 3 (энергетический) и 4 (энерго-ирригационный) в условиях влияния климата по сценарию REMO 0406. В таблице 55 приводятся данные по стоимости с/х продукции для варианта 4 – энерго-ирригационный режим.

Согласно расчетам потери с/х продукции (в стоимостном выражении) в среднем за период 2020-2055 гг оцениваются (при оценке по продуктивности, соответствующей развитию ЗП по сценарию ESA) при работе Нурекской ГЭС в энергетическом режиме в 1.46 млрд.$ в год. Данные потери вызваны аккумулятивным влиянием ряда факторов, главные из которых: снижение стока реки Амударьи, вызываемое увеличением водопотребления Афганистана, прекращением сброса КДВ в Амударью с территории Туркменистана, перерегулирование естественного режима реки Вахш водохранилищем Нурекской ГЭС, работающей в энергетическом режиме. При переходе на энергоирригационный режим потери в бассейне возможно уменьшить до 0.97 млрд. $.

2.6.12. Сотрудничество и поиск консенсуса

В маловодные годы в бассейне Амударьи складывается достаточно сложная ситуация, которая требует принятия определенных решений по усилению совместного сотрудничества, в первую очередь организационными и юридическими мерами.

Существующие соглашения не охватывают все вопросы совместного управления трансграничными водами в бассейне. Приток воды в Аральское море не гарантируется. Необходимо подготавливать основу для достижения будущего соглашения по вододелению с Афганистаном, по нормированию русловых потерь, регулированию КДВ и поддержки функционирования экосистем озер бассейна.

Важное значение для реализации концепции сотрудничества имеет формирование общественного мнения у населения стран и 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.

Страны бассейна, добивающиеся консенсуса в управлении водными ресурсами в бассейне Амударьи, должны согласится с следующим:

- 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,
- 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 на основе ресурсосбережения.

Предлагается следующий подход к поиску консенсуса в бассейне Амударьи: все страны стремятся к созданию максимального регионального дохода от использования ресурсов в бассейне (вода, земля, энергия), без ущерба отдельным странам и секторам. Результаты проекта PEER показывают возможности формирования такого дохода за счет:

- повышения выработки э/э при переходе с энергетического на энергоирригационный режим работы Нурекской ГЭС,

- повышения производства продукции орошаемого земледелия при переходе с энергетического на энерго-ирригационный режим работы Нурекской ГЭС за счет сокращения дефицитов воды,
- повышения стоимости продукции орошаемого земледелия при переходе со сценария FSD (продовольственная безопасность) на ESA (производство экспортной продукции),
- внедрения инноваций, повышающих урожайность и снижающих поливные нормы.

Ниже предлагается методика и пример расчета оценки регионального (бассейнового) дохода, суммарного в гидроэнергетике и орошаемом земледелии бассейна Аральского моря:

- региональная выгода (dC) рассчитывается по сумме дополнительных стоимостей, получаемых в гидроэнергетике (dCH) и орошаемом земледелии (dCI),
- дополнительная стоимость э/э (dCHIRR-EN) определяется по разнице стоимости производства э/э на Вахшском каскаде при энерго-ирригационном (максимизация выработки э/э за год) и энергетическом (максимизация выработки э/э в октябре-марте) режимах работы Нурекской ГЭС,
- дополнительная стоимость от эффекта регулирования стока в орошаемом земледелии (dCIIRR-EN) всех стран бассейна рассчитывается по объему снижения дефицита воды при переходе с энергетического на энерго-ирригационный режим работы Нурекской ГЭС,
- дополнительная стоимость от эффекта реализации стратегии аграрного развития стран в орошаемом земледелии (dCIESA-FSD) рассчитывается по разнице продукции (в денежном выражении), получаемой в сценарии ESA и FSD; экспортная продукция реализуется на рынке ЦА и за ее пределами,
- возможные дефициты и потери продукции (в стоимостном выражении), возникающие при формировании регионального дохода, должны быть компенсированы,
- урегулирование сезонных дефицитов-избытков э/э осуществляется за счет покупок и продаж в пределах энергетического рынка ЦА,
- излишки э/э могут поставляться за пределы ЦА.

$$dC = dCH + dCI \quad (1)$$

$$dCH = dCHIRR\text{-}EN = CHIRR - CHEN \quad (2)$$

$$dCI = dCIIRR\text{-}EN + dCIESA\text{-}FSD = CIIRR - CIEN + CIESA - CIFSD \quad (3)$$

Здесь: CHIRR , CHEN - стоимости э/э производимой Вахшским каскадом ГЭС при энерго-ирригационном и энергетическом режимах работы Нурекской ГЭС,

CIIRR,CIEN - продукция орошаемого земледелия в стоимостном выражении, полученная при зарегулированном стоке реки Вахш в энерго-ирригационном и энергетическом режимах работы Нурекской ГЭС, CIESA, CIFSD - продукция орошаемого земледелия в стоимостном выражении, полученная при составе с/х культур и продуктивности, соответствующей сценариям развития ESA и FSD.

При переходе режима работы Нурекской ГЭС с энергетического на энерго-ирригационный возникает дополнительный дефицит э/э в период с октября до марта – DIRR-EN(OCT-MAR), который необходимо компенсировать за счет части дополнительного регионального дохода. Дополнительный дефицит рассчитывается по разнице между дефицитами (если они есть), получаемыми в октябре-марте при энерго-ирригационном и энергетическом режимах работы Нурекской ГЭС. Дефицит э/э, соответствующий определенному режиму работы ГЭС, определяется по разнице между спросом на э/э и выработкой э/э на Вахшском каскаде.

Сотрудничество между странами в регионе предполагает организацию рынков продажи э/э и продуктов с/х. Энергетический рынок должен способствовать (при гарантии государств) формированию необходимого экспортно-импортного потока, ликвидирующего дефициты Таджикистана в э/э в зимнее время. Оценка экспортно-импортного потока должна проводиться в стоимостном выражении.

Можно предложить следующую схему расчета компенсации дефицита э/э Таджикистану (Ind) из части регионального дополнительного дохода (dC):

- определяется дополнительный дефицит э/э в октябре-марте - DIRR-EN(OCT-MAR),
- определяется часть дополнительного регионального дохода, из которого покрывается дефицит э/э - dCIIRR-EN (доход dCIESA-FSD в компенсирующую часть не входит, поскольку получен не за счет регулирования стока, а реализации национальной стратегии развития орошаемого земледелия)
- размер компенсация Ind не должен превышать части дохода в орошении - к*dCIIRR-EN и дефицита DIRR-EN(OCT-MAR); размер коэффициента к – предмет переговоров, $0 < к < 1$

Избытки э/э в период апрель – сентябрь - SIRR(APR-SEP), возникающие при переходе с энергетического режима на энерго-ирригационный могут использоваться: для передачи в Согдийскую область Таджикистана, в пределах ЦА и на экспорт за пределами ЦА.

В таблице 56 приводятся результаты расчета регионального дохода (dC) и его составляющих, а также объема и стоимости компенсации Ind и избытков SIRR(APR-SEP) электроэнергии. Условно при расчете компенсации коэффициент к = 0.5.

В таблице 57 приводятся удельные показатели развития бассейна Амударьи, в среднем за 2020-2055 годы при альтернативных режимов работы Нурекской ГЭС, для сценария развития орошаемого земледелия ESA.

Таблица 56

Пример расчета регионального дохода (dC) и его составляющих для бассейна Амударьи, который получается при переходе с энергетического режима на энерго-ирригационный и с стратегии FSD на ESA(по результатам расчета гидроэнергетической модели и модели ЗП на 2020-2055 гг)

Показатель	Обозначение	Количество	Стоимость, $ млрд
1.Выработка э/э при энерго-ирригационном режиме	CHIRR	15.5 млрд.кВт.ч	0.96
2.Выработка э/э при энергетическом режиме	CHEN	14.74 млрд.кВт.ч	0.91
3. Ущербы от холостых сбросов при энергетическом режиме	Damage	0.48 млрд.кВт.ч	0.29
4. Выработка э/э при энергетическом режиме за вычетом холостых сбросов	CHEN 1	14.26 млрд.кВт.ч	0.62
5. Разница 1- 4	dCH	1.24 млрд.кВт.ч	0.34
6. Дефицит э/э в октябре-марте	DIRR(OCT-MAR)	2.6 млрд.кВт.ч	0.16
7. Избыток э/э в апреле-сентябре	SIRR(APR-SEP)	6.28 млрд.кВт.ч	0.39
8. Водозабор и продукция с/х при энерго-ирригационном режиме	CIIRR	52.58 млрд.м^3	19.4
9. Водозабор и продукция с/х при энергетическом режиме	CIEN	51.23 млрд.м^3	18.9
10. Разница 8 - 9	dCIIR-EN	1.35 млрд.м^3	0.5
11. Продукция с/х при ECA	CIECA		19.4
12. Продукция с/х при FSD	CIFSD		15.5
13. Разница 11 - 12	dCIESA-FSD		3.9
14. Сумма 10 + 13	dCI		4.4
15. Сумма 7 +14 (региональный доход в гидроэнергетике и орошаемом земледелии)	dC		4.79
16. Компенсация	Ind		0.16
17. Избыток э/э в апреле-сентябре	E	6.28 млрд.кВт.ч	0.39

Таблица 57

Удельные показатели развития бассейна Амударьи - осреднение за 2020-2055 годы

Режим работы Нурекской ГЭС	Выработка, $ млрд/год	Стоимость э/э, тыс $ на 1 чел	Продукция с/х, для ESA $ млрд/год	Продукция с/х, для ESA тыс $ / чел
1.Энерго-ирригационный	15.5	3.78	19.40	0.92
2.Энергетический	14.74	3.59	18.90	0.89
Разница 1 - 2	0.76	0.19	0.50	0.02

2.7. Климатические сценарии

2.7.1. Климатические сценарии и водопотребление

В многообразии климатических моделей, используемых сегодня в исследованиях изменений климата, можно выделить следующие четыре класса (в порядке возрастания сложности):[41]

1) простые климатические модели (двумерные, одномерные или даже нульмерные);

2) модели промежуточной сложности (МПС);

3) модели общей циркуляции атмосферы (МОЦА) с упрощенными описаниями верхнего перемешанного слоя океана и морского льда (ВПСО/МЛ) и, наконец,

4) сложные трехмерные модели совместной циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО), занимающие высшую ступень в иерархии климатических моделей.

Простые модели, могут быть использованы, например, для оценки влияния на климат сокращения выбросов ПГ в атмосферу либо как компоненты так называемых моделей совокупной оценки (например, для анализа стоимости таких сокращений).

МПС не столько уступают МОЦАО в количестве описываемых процессов, сколько в детальности, сложности этих описаний; они полезны в исследованиях отдельных физических процессов, их взаимодействий и обратных связей между ними, а также применяются в исследованиях палеоклимата. Использование простых моделей, МПС и МОЦА/ВПСО/МЛ в исследованиях возможных в будущем изменений климата носит вспомогательный характер.

В рамках подготовки 4-го ОД МГЭИК был организован беспрецедентный по своим масштабам и количеству участников проект по анализу расчетов климата с по-

[41] Источник:. http://climate2008.igce.ru/v2008/htm/index00.htm
http://climatechange.narod.ru/Science/climate_model.html

мощью МОЦАО нового поколения. Основу этого проекта, составили расчеты климата XX века при заданных в соответствии с наблюдениями концентрациях парниковых газов и аэрозолей, а также три сценарных расчета климата XXI века (для сценариев антропогенных выбросов A2, A1B и B1 в соответствии с номенклатурой МГЭИК). Всего в проекте приняло участие более двух десятков МОЦАО, разработанных в известных исследовательских центрах мира. На основе этих данных в Ливерморской национальной лаборатории (США) был создан электронный архив, содержащий результаты модельных расчетов для большого числа климатических переменных.

2.7.2. Существующие модели

Международная группа экспертов по изменению климата предложила, как было уже сказано, 40 равновероятных сценариев развития цивилизации, среди которых выделено шесть "демонстрационных". Если в мировом развитии экономические цели будут преобладать над экологическими, то это сценарии класса "A". Согласно сценарию класса "B" общество во главу угла будет ставить экологические критерии и цели устойчивого развития. Если процессы носят глобальный общемировой характер, то сценарию присваивается индекс "1". Сценарии регионального характера получают индекс "2". Кроме того, в рамках сценария A1 выделены три разновидности:

A1FI- сценарий с интенсивным использованием ископаемых топлив (прежде всего, угля);

A1B - сценарий с умеренным, сбалансированным использованием ископаемых топлив;

A1T - сценарий с переходом к энергетике без использования ископаемых топлив.

Международная группа по оценке воздействия на климат Арктики, выбирая оценочный эталон, остановилась на сценарии **B2**. Но это не означает, что этот сценарий наиболее вероятен. Просто кривые роста концентрации CO2 и температуры по сценарию B2 оказались как бы "средними" для всех сценариев.

В соответствии со сценарием **B2** в XXI веке мировая цивилизация серьезно займется охраной окружающей среды и уничтожением на планете социального неравенства, а все решения мировое сообщество будет принимать с учетом местных условий. По этому сценарию население в 2100 году достигнет **10,4** миллиарда человек. Экономические блага и достижения техники достаточно равномерно распределятся по всему миру. Сжигание угля будет давать всего лишь 22% всей вырабатываемой энергии, а 49% энергии станет производиться без выбросов CO2.

По сценарию **A2** мировое сообщество в основном должно сосредоточиться на экономическом росте. Население будет расти быстрее, чем по сценарию **B2,** и к 2100 году достигнет **15** миллиардов человек. Мировой валовой продукт окажется немного выше, чем по сценарию **B2**. Однако распределение валового продукта и технической вооруженности будет неравномерным. Энергия, полученная при сжигании угля, составит 53% всей вырабатываемой энергии. Использование только лишь 28% энергоресурсов не будет сопровождаться выбросами CO2 в атмосферу планеты.

Вкратце ожидаемые изменения температуры и уровня мирового океана в XXI веке в соответствие с различными сценариями приведены в таблице:

- Сценарий **B1**

- Повышение температуры наилучшей оценки 1.8 °C с вероятным диапазоном 1,1 к 2.9 °C (3.2 °F с вероятным диапазоном 2,0 к 5.2 °F)
- Повышение уровня моря, вероятно, располагается [18 - 38 см] (7 - 15 дюймов)
- Сценарий A1T
- Повышение температуры наилучшей оценки 2.4 °C с вероятным диапазоном 1,4 к 3.8 °C (4.3 °F с вероятным диапазоном 2,5 к 6.8 °F)
- Повышение уровня моря, вероятно, располагается [20 - 45 см] (8 - 18 дюймов)
- Сценарий B2
- Повышение температуры наилучшей оценки 2.4 °C с вероятным диапазоном 1,4 к 3.8 °C (4.3 °F с вероятным диапазоном 2,5 к 6.8 °F)
- Повышение уровня моря, вероятно, располагается [20 - 43 см] (8 - 17 дюймов)
- Сценарий A1B
- Повышение температуры наилучшей оценки 2.8 °C с вероятным диапазоном 1,7 к 4.4 °C (5.0 °F с вероятным диапазоном 3,1 к 7.9 °F)
- Повышение уровня моря, вероятно, располагается [21 - 48 см] (8 - 19 дюймов)
- Сценарий A2
- Повышение температуры наилучшей оценки 3.4 °C с вероятным диапазоном 2,0 к 5.4 °C (6.1 °F с вероятным диапазоном 3,6 к 9.7 °F)
- Повышение уровня моря, вероятно, располагается [23 - 51 см] (9 - 20 дюймов)
- Сценарий A1FI
- Повышение температуры наилучшей оценки 4.0 °C с вероятным диапазоном 2,4 к 6.4 °C (7.2 °F с вероятным диапазоном 4,3 к 11.5 °F)
- Повышение уровня моря, вероятно, располагается [26-59 см] (10-23 дюйма)

2.7.3. Источник информации о климатических изменениях

- Пятый оценочный Доклад МГЭИК дает более ясную и четкую, чем ранее, глобальную и региональную основу для прогнозирования климата и планирования мер адаптации к его изменениям, а также создает основу для выбора вариантов глобальных изменений выброса парниковых газов, в первую очередь CO2. В Докладе рассматриваются характерные особенности изменения климата 15 крупных регионов планеты
- Доклад МГЭИК это системно организованное изложение строго научных результатов, накопленных за истекший шестилетний период, с оценками степени уверенности и меры согласия научного сообщества по основным формулируемым в Докладе выводам.
- МГЭИК не проводит собственных научных исследований. Деятельность этой организации состоит в подготовке максимально полных научных обзоров проблемы изменения климата на основе научных публикаций, которые составляют цельный оценочный доклад

По правилам МГЭИК для Доклада главным источником информации являются специализированные рецензируемые научные журналы и книги. Национальные доклады стран и доклады различных международных организаций могут служить дополнительным источником информации, который, тем не менее, требует критического научного анализа. Информация из трудов конференций и рабочих совещаний принимается в ограниченном объеме, информация из популярных журналов и газет, интернета, телевидения не принимаются.

Обновленная системная оценка результатов научных работ последних лет не содержитчего-либо совершенно нового для ученых–климатологов. Но для широкой публики и для ученых и специалистов смежных специальностей в Пятом оценочном Докладе масса «новых» фактов и выводов. Так как обзоры МГЭИК выходят каждые 6 лет, то их новизну принято «отсчитывать» от предыдущего доклада, в частности, Четвертого оценочного доклада 2007 года. Ниже перечислены только самые общие пункты, характеризующие новизну:

- Неопределенность выводов о прошлых и будущих изменениях климата за истекшие 6 лет стала гораздо меньшей. В ряде случаев это позволило исключить крайне негативные прогнозы, но данное обстоятельство вряд ли можно считать облегчением, ведь при этом повысилась достоверность «просто» негативных прогнозов.
- Подчеркивается очень важная роль естественной изменчивости климатической системы в масштабах десятилетий, особенно для отдельных регионов. Они накладываются на общий тренд глобального потепления, замедляя или усиливая такие процессы как, например, повышение температуры воздуха и сокращение площади арктических льдов.
- Выявлена более тесная связь изменений климата конца XX века и начала XXI столетия с антропогенным воздействием на климатическую систему. Показано, что главный фактор здесь — антропогенное усиление парникового эффекта, в то время как воздействие загрязнения атмосферы аэрозольными частицами оценивается как более слабое. Анализ естественных факторов (солнечное излучение, вулканы и др.) показывает, что их роль в изменении климата во второй половине XX века и в начале XXI века в целом относительно невелика.
- Выявлена более тесная связь антропогенного усиления парникового эффекта с ростом повторяемости и интенсивности аномально жарких периодов и аномальных осадков.

По данным Всемирной метеорологической организации, 2015 год вошел в историю как год, побивший температурные рекорды, с интенсивными волнами тепла, исключительным количеством осадков, опустошительными засухами и необычной активностью тропических циклонов. Такая тенденция к установлению рекордных значений сохранилась и в 2016 г.

Как отметил Генеральный секретарь Всемирной Метеорологической организации г-н ПетериТаалас«На сегодняшний день Земля уже на 1 °C теплее, чем в начале XX века. Мы наполовину преодолели путь до критического рубежа в 2 °C. В дополнение к смягчению последствий важно усилить меры по адаптации к изменению климата посредством инвестиций в системы раннего предупреждения о бедствиях, а также в такие виды климатического обслуживания, как инструменты управления засухами, паводками, а также волнами тепла и угрозой для здоровья человека».

.Центральная Азия — это очень уязвимый регион. В Центральной Азии летом и весной осадков, вероятно, будет меньше, а рост температур в равной степени придется и на зиму и на лето. По прогнозу изменения частоты опасных гидрометеорологических явлений ожидается, что частота этих явлений возрастет в 2-4 раза к середине XXI века.

Глобальные климатические изменения очень сложны, поэтому современная наука не может дать однозначного ответа, что же нас ожидает в ближайшем 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. По различным оценкам за последние сто лет средняя температура на нашей планете увеличилась на 0,5-1°С, концентрация - CO_2 возросла на 20-24 %, а метана на 100 %. В будущем эти процессы получат дальнейшее продолжение и к концу XXI века средняя температура воздуха над поверхностью Земли может увеличиться от 1,1 до 5.8 °С, по сравнению с 1990 годом. Результаты расчетов будущих региональных изменений климата получаются с помощью ансамбля глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) нового поколения.

В настоящее время 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 Узбекистана строятся по ансамблю « лучших» 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.). Отдельные модели для территории региона показывают значительный разброс ожидаемых повышений среднегодовых температур к 2080 году (от 9.3 до 3.3°С, максимальный сценарий эмиссии парниковых газов (ПГ), что связано с различной чувствительностью моделей и другими особенностями (разрешение, степень развития, корректность параметризации модели для отдельных регионов, различное качество данных и др.)).

2.7.4. Используемая в проекте модель

Другой более современный подход к построению сценариев стал доступен благодаря сотрудничеству с программой CAWA «Вода в Центральной Азии». В этом случае есть возможность получить выходные данные глобальных циркуляционных моделей с высоким пространственным разрешением, которые позволяют построение временных рядов будущих сценариев изменения климата. Таких данных, с высокой степенью детализации и адекватным описанием локального климата нет в свободном доступе. Временные ряды будущих изменений представляют большой интерес, так как в контексте изменения климата в связи усилением климатической изменчивости появляется возможность оценить количество годов с экстремальными условиями, которые порождают засуху и маловодье в будущем. Сейчас мы имеем такие климатические сценарии до 2099 г. - временные ряды с декадным шагом. Интересно использовать такие сценарии для оценки уязвимости, прежде всего водных ресурсов. Интегрирование результатов сценариев в гидрологические модели дает возможность оценить ожидаемое маловодье, его повторяемость, а также изменения, которые возможно произойдут с водными ресурса-

ми и стокоформирующими факторами в перспективе. Все модели, всегда проверяются на пригодность к нашим региональным условиям.

При производстве перспективных оценок частоты проявления таких опасных явлений как засуха, селевые потоки и связанных с ними рисков, а также при производстве оценок воздействия возможных изменений климата на водные ресурсы, апробированы и использовались результаты региональных моделей REMO-0406 и REMO-0507 с пространственным разрешением 0,5° и 0,16° соответственно основываясь на сценарии развития концентрации парниковых газов CMIP3 SRES-A1B.

По условиям полученных климатических сценариев ожидается значительный рост температуры воздуха в среднем на 0,051°С в год, осадки же изменятся несущественно, только усилится их изменчивость, т.е. естественные колебания в диапазоне между минимальными и максимальными величинами в регионе. Интерпретация данных по осадкам и температуре воздуха за период 1952 – 2099 гг. (REMO-0406) и 1962 – 2099 гг. (REMO-0507) выполнена для всех опорных метеорологических станций на территории Узбекистана.

Использованная в проекте модель глобального потепления реализована в региональном варианте и называется REMO. Модель относится к категории A1B, т.е. предполагает баланс между использованием ископаемого топлива и экологическими требованиями. Модель является развитием предыдущей модели ECHAM, в которой учитывается эмиссия парниковых газов. Расчет метеорологических параметров производился для среднеазиатского региона в университете Вюрцбурга (Германия) в рамках проекта CAWA.

Необходимость в калибровке по наземным метеостанциям

При адаптации глобального варианта модели к региональному была учтена подстилающая поверхность (орография). Однако изменения, связанные с орошением, учтены не были. В частности, для условий Ферганской долины модель давала очень низкие значения влажности воздуха, что резко увеличивало расчетную эвапотранспирацию. До освоения Ферганской долины западная ее часть действительно представляла собой пустыню. Даже сейчас в долине имеются большие участки закрепленных барханов, которые вовлекаются в сельскохозяйственную деятельность. Однако в настоящее время в Ферганской долине проложено большое количество оросительных каналов и существует развитая дренажная сеть. Кроме того, сами поля с с/х культурами также вносят значительную часть в увеличение влажности воздуха.

Для настройки модели на реальность была проведена калибровка результатов моделирования по наземным метеостанциям.

Климат прогнозировался на период с 1961 по 2100 гг. Калибровка производилась по периоду с 1960 по 2000 гг. На этот же период были собраны метеорологические данные с сайтов

- Данные авиационных метеостанций - Сайт http://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/, США

- Данные по осадкам - сайт http://climateserv.nsstc.nasa.gov/, США.

Авиационные метеостанции были выбраны из-за их большого количества на изучаемой территории, что обеспечивало лучшую интерполяцию метеоданных в узлы

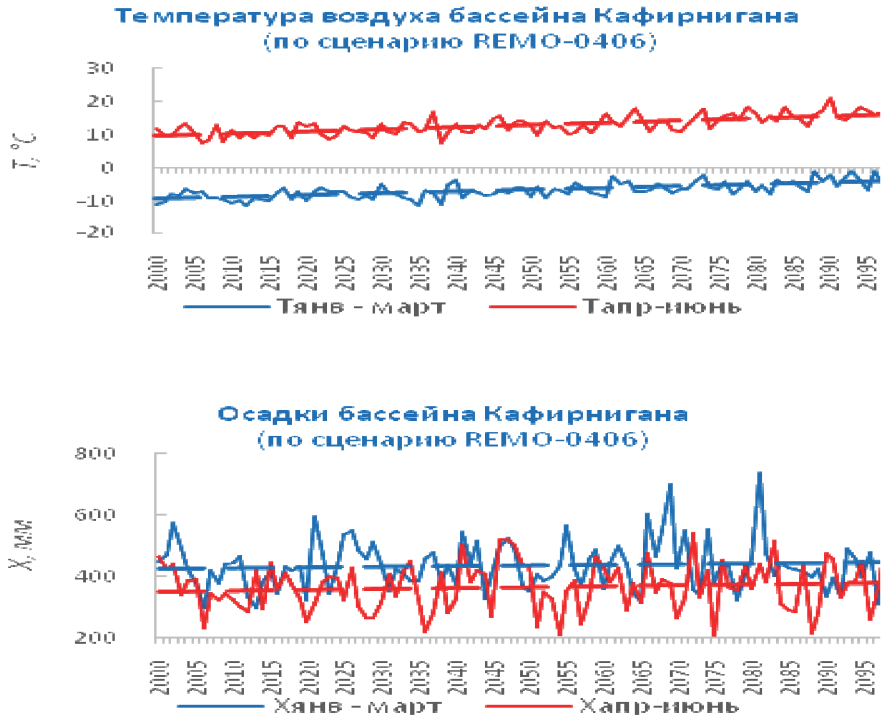
модельного климата. Осадки, наблюдаемые на авиационных метеостанциях, отображали только степень ухудшения видимости, поэтому осадки были взяты с другого сайта.

Модель рассчитывает ряд метеорологических параметров, необходимых для вычисления эталонной эвапотранспирации (ETo). Рассчитанные в узлах значения метеорологических параметров эвапотранспирации (ETo) калибровались по ETo, рассчитанным по метеоданным авиационных метеостанций. Местоположения авиационных метеостанций обозначены на карте значком самолета

После получения для каждого узла модельного грида коэффициентов калибровки, эти значения распространялись на период с 2001 по 2100 гг.

В рамках проекта CAWA в Университете Вюрцбурга были получены результаты моделирования регионального климата для Центральной Азии и предоставлены сценарии для выполнения перспективных оценочных расчетов повторяемости некоторых опасных природных явлений и при оценке климатических рисков. При оценке воздействия возможных изменений климата на водные ресурсы, использовались результаты региональной модели REMO-0406 с пространственным разрешением 0.5°, основываясь на сценарии развития концентрации парниковых газов SRES-A1B.

По условиям полученных климатических сценариев ожидается значительный рост температуры воздуха в среднем на 0,051°С в год, осадки же изменятся несущественно, только усилится их изменчивость, т.е. естественные колебания в диапазоне между минимальными и максимальными величинами в регионе. Интерпретация данных по осадкам и температуре воздуха за период 1952–2099 гг. (REMO-0406) и 1962–2099 гг. (REMO-0507) выполнена для всех опорных метеорологических станций на территории Узбекистана. На рисунке 63 показаны графики межгодового изменения сезонных значений температуры воздуха и осадков за периоды январь–март и апрель–июнь.



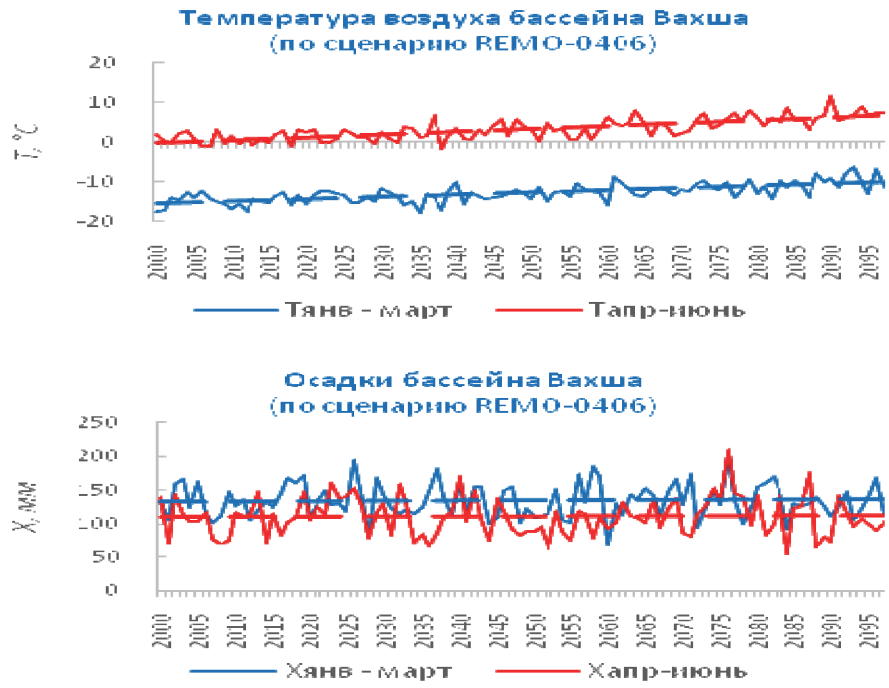


Рис. 63 Сезонные значения приведенной температуры воздуха и осадков в бассейнах рек Кафирниган и Вахш

2.7.5. Зона проекта

Картографическое представление результатов моделирования

На карте крестами отмечены узлы грида, рассчитанного по климатической модели. Шаг по узлам - 0,5 градуса. Контуры желтого цвета представляют зоны планирования, участвующие в проекте.

Расчетная сетка проекта

Для непосредственного расчета водопотребления шаг между узлами прогнозного климата (0,5 ^{o}) слишком велик и не дает возможности учесть почвенные особенности зон планирования. Поэтому размер ячеек расчетной сетки был выбран компромиссным между масштабом почвенной карты и возможностями применяемого в расчетах картографического инструмента (MapWinGis), допускающего одновременную обработку 16384 полигонов. Была выбрана сторона ячейки рабочей сетки равной 3000 м. На рисунке ниже приведена зона планирования Мары, разбитая расчетной сеткой.

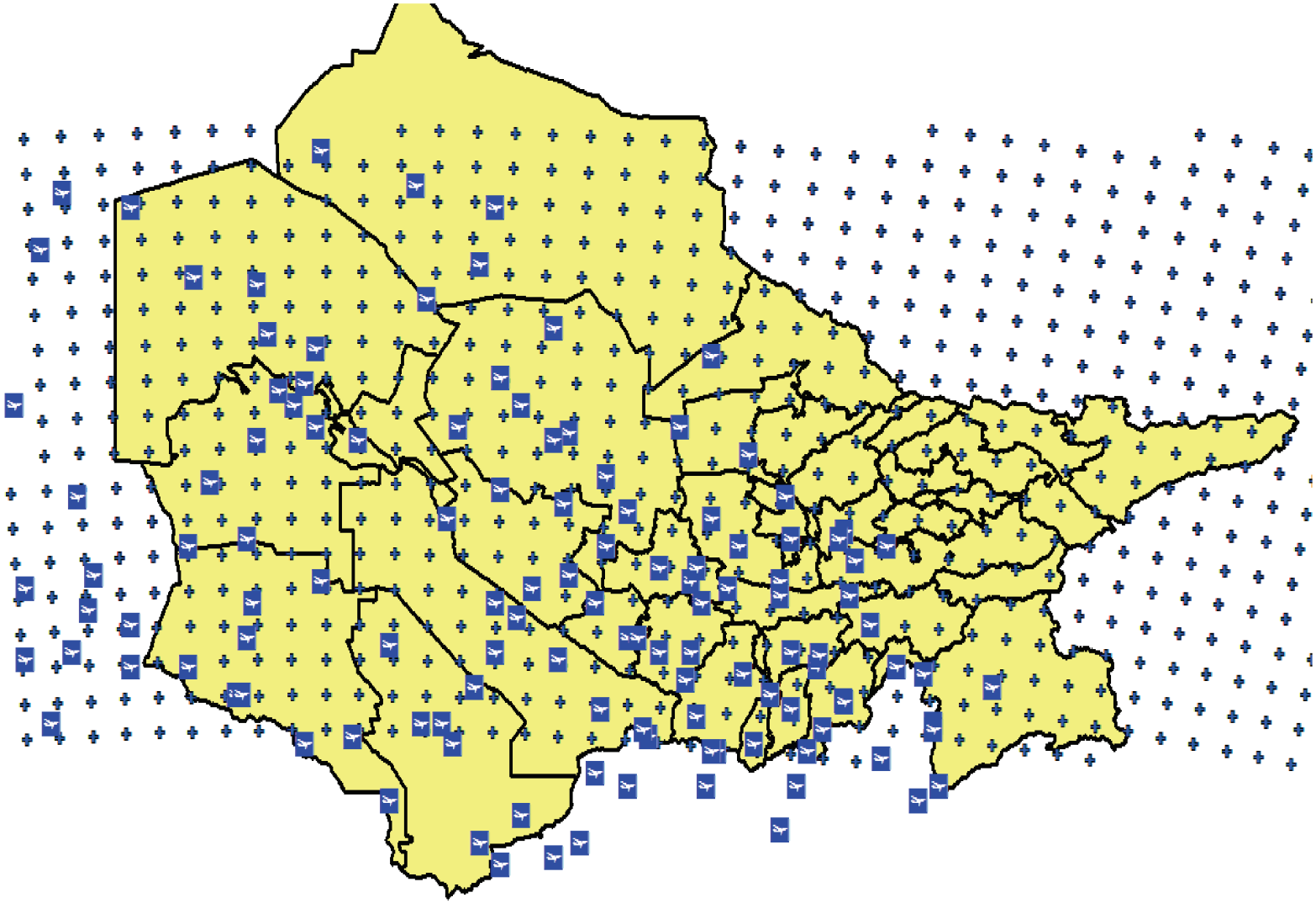


Рис. 64. Пример применения расчетной сетки для ЗП Мары с нанесением авиационных метеостанций



Рис. 65. Пример нанесения расчетной сетки на спутниковый снимок

2.7.6. Методика расчета водопотребления сельхозкультур

Здесь за водопотребление с/х культур принимается потребность с/х культур в воде, обеспечивающая развитие с/х культур без водного стресса.

Расчет водопотребления производится по следующей формуле:

$$RW = ETc - EfRain - GWC \quad (1)$$

где:

RW - Водопотребление культуры за некоторый период времени

ETc - Испарение воды с поверхности культуры и с почвы под культурой

EfRain - Эффективная часть осадков

GWC - Подпитка из грунтовых вод

ETc рассчитывается по формуле :

$$ETc = \sum_{i=1:n} ETo_i * Kc_i \quad (2)$$

где:

ETo_i - Эталонная эвапотранспирация в i-тый день периода расчета

Kc$_i$ - Коэффициент культуры в i-тый день периода расчета

n - Количество дней в периоде расчета

i - Номер дня в периоде расчета

ETo рассчитывается по формулам Пенманна-Монтейта (Вып. FAO 56) и по методу Блейни-Криддла.

Kc - Коэффициент культуры, определяемый на каждый день расчетного периода. Определяется по таблицам вып. FAO 56.

EfRain - эффективная часть осадков (мм). Определяется по методике Резервного земельного фонда США.

Если осадки за месяц (MonPre) <= 50 мм то

EfRain = (MonPre * (125 - 0.3 * MonPre)) / 125

Если осадки за месяц (MonPre) > 50 мм то

EfRain = 125 / 3 + 0.1 * MonPre (3)

GWC **(мм)-** подпитка из грунтовых вод рассчитывается по эмпирической формуле Лактаева-Харченко

Surf = Dep - Root ' расстояние между УГВ и корневой зоной в м

Если Surf < 0.6 то

Surf = Dep - расстояние между УГВ и поверхностью в м

Если Surf = 0 то Если расстояние равно 0, то

GWC = ETo

Иначе

ex = Exp(Rb * (Surf))

'

GWC = Ra * ETo / ex (4)

где

Dep - Уровень грунтовых вод (м)

Root - Глубина корневой зоны культуры на момент расчета (м)

Rb - Коэфф., связанный с мехсоставом почв

Ra -- Коэфф., связанный с мехсоставом почв

В каждом из проектов были проведены следующие операции:

ГИС-подготовка объектов обработки

Подготовка предполагала выделение орошаемой части ЗП и разбивка ее рабочей сеткой. Далее все расчеты проводились для каждой ячейки рабочей матрицы, обрезанной орошаемой территорией ЗП.

Калибровка результатов моделирования

Климатические данные модели REMO были получены путем моделирования эмиссии парниковых газов, приводящих к глобальному потеплению. Однако, модель не учитывала локальных особенностей влияния орографии на метеорологические показатели. Поэтому возникла необходимость калибровки данные REMO по каким-либо наземным данным. Для этой цели были взяты метеоданные с авиационных метеостанций (AMST), размещенных на сайте **gis.ncdc.noaa.gov**. Калибровка производилась следующим образом.

- Был выбран интервал времени, в течение которого имелись данные как по модели REMO, так и по AMST. Был выбран интервал с 1960 г. по 2014 г. Затем для каждого объекта была рассчитана ETo по данным REMO на весь период моделирования - 1960-2050 гг.

- Для каждой AMST по периоду 1960-2014 гг. были рассчитаны ETo как по Пенманну-Монтейту, так и по Блейни-Криддлу. AMST не ведут наблюдения за солнечной радиацией, в связи с чем значения солнечной радиации пришлось рассчитывать через координаты метеостанций и величину солнечной постоянной (FAO 56).

$$R_s = k_{RS}\sqrt{(T_{\max} - T_{\min})} * R_a \qquad (5)$$

где

Rs - Солнечная радиация (МДж м$^{-2}$ сут$^{-1}$)

kRS -Корректирующий коэффициент (^{o}C$^{-0.5}$)

Tmax -Максимальная температура воздуха (^{o}C)

Tmin - Минимальная температура воздуха (^{o}C)

Ra -Внеземная радиация (МДж м$^{-2}$ сут$^{-1}$) - взято из таблицы 26 сборника FAO 56.

Кроме того, условия аэродромов резко отличаются от условий посевов, в связи с чем значения ETo были, в соответствие с рекомендациями, уменьшены на 20%. Тем не менее, полученные значения ETo получились некорректно контрастными. ETo, рассчитанные по методу Блейни-Криддла, получились слишком сглаженными. За окончательный результат были взяты средние значения этих двух методов.

- Из массива авиационных метеостанций для каждого узла модели REMO были отобраны ближайшие 5 метеостанций.

- В каждый узел REMO были интерполированы значения ETo, полученные на соответствующих 5 метеостанциях. Интерполяция осуществлялась методов средне-

взвешенного среднего, где весами служили обратные расстояния между узлом и метеостанциями.

$$ETo_{INT} = \frac{\sum_{i=1}^{5}(ETomst_i / R_i)}{\sum_{i=1}^{5}(1/R_i)} \quad (6)$$

где

ETo_{INT} - Интерполированное значение ETo

$ETomst_i$ - Вычисленное на i-той метеостанции значение ETo

R_i - Расстояние i-той метеостанции от узла REMO

- Таким образом, для каждого узла REMO по каждой декаде и по всему калибровочному периоду (1960 г. - 2014 г.) были получены по два значения ETo: - непосредственно по данным REMO, и интерполированными с метеостанций. Калибровочные коэффициенты определялись по формуле

$$\mathbf{Kc = ETomet \ / \ EToREMO} \quad (7)$$

где

Kc - Коэффициент калибровки (б/р)

ETomet - ETo с метеостанций (мм сут$^{-1}$)

EToREMO - ETo, рассчитанное по REMO (мм сут$^{-1}$)

- Далее ***Kc*** были осреднены по годам калибровочного периода, в результате чего для каждого узла REMO были получены 36 (по числу декад) калибровочных коэффициентов, используемых для корректировки ETo для прогнозируемых лет.

- Далее значения ETo с узлов REMO были интерполированы в рабочие ячейки с учетом полученных коэффициентов калибровки методом описанного выше (6) средневзвешенного среднего на весь период до 2050 г.

Калибровка осадков

Как упоминалось ранее, по определенным причинам осадки с авиационных метеостанций не подходят для учета их в водопотреблении с/х культур; поэтому значения осадков были взяты из сайта **climateserv.nsstc.nasa.gov**.

Момент возникновения осадков среди наблюдаемых метеорологических параметров является величиной условно предсказуемой. Если в осенне-зимние периоды можно достаточной точностью предсказать место и время возникновения осадков, обусловленных слоистой облачностью, то в весенне-летний период это сделать практиче-

ски нельзя, поскольку преобладающая в этот период конвективная облачность зависит от многих локальных особенностей района прогноза. Поэтому при анализе и прогнозе осадков используются статистические приемы, в частности - рассматриваются значительные территории, декадные и месячные осадки, скользящее среднее за период.

Калибровка осадков осуществлялась следующим образом:

- Приведение осадков из ClimateServ к декадному виду.

- Сглаживание декадных значений осадков по трем точкам (декадам) методом скользящего среднего.

- Приведение осадков модели REMO к декадному виду

- Расчет скользящего среднего по декадным осадкам REMO.

- Расчет коэффициентов калибровки осадков на основании сглаженных значений осадков.

- Интерполяция осадков с узлов REMO в рабочие ячейки методом средневзвешенного суммирования с использованием полученных коэффициентов калибровки. При этом рассчитывалась эффективная часть осадков.

Калибровка среднесуточной температуры

В данном проекте предполагается учесть влияние изменения климата на время сева с/х культур и длительности периодов развития культур. От этих параметров зависит, в конечном счете, водопотребление культур. Основным параметром, используемым в определении дат сева и периодов развития, является температура, т.к. методология строится на суммах эффективных температур, которые должны набрать растения в каждый период своего развития.

Поскольку принятие решения о севе определенных с/х культур осуществляется в рамках ЗП, речь должна идти о средней температуре по ЗП.

- Температура воздуха из REMO (среднесуточная) осредняется по декадам, затем подвергается процедуре сглаживания методом скользящего среднего.

- Аналогичным образом обрабатывается температура воздуха с AMST.

- Значения сглаженной температуры с метеостанций интерполируются в узлы REMO средневзвешенным суммированием, как это было описано выше.

- По средневзвешенным значениям температуры метеостанций и сглаженным значениям температуры в узлах REMO производится расчет коэффициентов калибровки температуры.

- Значения температуры с узлов REMO интерполируются в центры рабочих ячеек методом средневзвешенного среднего. При этом используются рассчитанные ранее калибровочные коэффициенты.

- Полученные таким образом значения температуры осредняются по всем рабочим ячейкам в рамках каждой декады.

Разнос декадных значений УГВ по ЗП

Поскольку УГВ зон планирования задан в виде декадных среднерайонных значений, разноска УГВ по ячейкам осуществлялась ГИС-методами (пакет MapWinGis).

Разбивка ячеек рабочей сетки почвенной картой. Определение коэффициентов формулы Лактаева – Харченко.Расчет подритки из грунтовых вод

Аналогично производится разбивка ячеек рабочей сетки почвенной картой.

В результате этих двух операций рабочая ячейка разбивается на 1-4 части с уникальным значением УГВ и типом почвы (классификация ФАО). По типу почвы и подбираются коэффициенты **a** и **b** формулы Харченко. Для каждой культуры определяется глубина корневой зоны на момент определения подпитки из ГВ. После этого рассчитывается реальная подпитка из ГВ.

2.7.7. Расчет водопотребления сельхозкультур

Определение стартовых сумм эффективных температур.

Учет изменения климата в водопотреблении с/х культур производился на основании потребностей с/х культур в тепле. Конкретно, для прохождения каждой фазы развития растению необходим набор определенной суммы эффективных температур. Эффективная температура определяется как разность между среднесуточной температурой и температурой начала вегетации. Для реализации такого подхода необходимо было определить сумму эффективных температур для 25 с/х культур, выбранных для проекта.

Данные по культурам извлекались из справочников и из интернета. Все данные собирались в специальной таблице, фрагмент которой представлен в приложениях.

Пересчет дат сева и периодов развития с/х культур, связанных с изменением климата

Алгоритм строится на определении момента, когда среднесуточная температура воздуха в течение четырех дней подряд > = температуре сева культуры. Далее подсчитывалась сумма эффективных температур первого периода, затем второго, третьего и четвертого периодов. Исключение составили лишь пшеница и люцерна. Для люцерны рассматривались суммы эффективных температур на каждый укос. У пшеницы же из рассмотрения исключался период с температурой < 5 градусов. Для повторных культур игнорировался первый период на рисе, поскольку предполагалось высаживать рис рассадой, и последний период кукурузы на силос, поскольку уборка кукурузы производилась по достижению початков молочной спелости.

Расчет водопотребления проводился для каждой основной и повторной культуры, после чего ряд культур был объединен в группы: овощные, садовые, кормовые, прочие и повторные. Процент площадей под каждой повторной культурой в группе был принят по данным Хорезмской ЗП.

В статистической отчетности в странах ЦАР принято выделять основные культуры (хлопчатник, озимая пшеница, кукуруза на зерно и рис), а остальные с/х культуры группировать в следующие категории:

1. **Овощные** - бобовые, томаты, картофель, дыня, арбуз, тыква.

2. **Плодово-ягодные** - виноград, сады.

3. **Кормовые** - люцерна, кукуруза на силос.

4. **Прочие** - подсолнечник, сахарная свекла, соя.

5. **Повторные** - В повторные культуры входят с/х культуры, успевающие созреть за период от уборки урожая пшеницы до конца вегетации. Для каждого региона набор повторных культур может быть своим. В нашем случае повторными культурами являются бобовые, картофель, сахарная свекла, бахчевые, кукуруза на силос (урожай снимается по достижению початков молочной спелости), рис (посадка ведется с помощью рассады).

Поскольку выбор повторных культур и площадей, ими засеянных, может быть произвольным, в данной работе было принято распределение площадей, аналогичное распределению повторных в Хорезмской зоне планирования:

Таблица 58

Распределение площадей в Хорезмской зоне планирования

n/n	Культура	Площадь, тыс.га	%
5	Овощи		
	Арахис	0	0.00
	Бобовые	5.956	22.76
	Томаты	8.936	34.14
	Картофель	5.18	19.79
	Сладкая дыня	3.66	13.98
	Арбуз	0.61	2.33
	Тыква большая	1.83	6.99
6	Сады и виноградны		
	Виноград столовый	2.32	17.03
	Сады	11.3	82.97
7	Кормовые		
	Люцерна Осредненная	2.84	40.00
	Кукуруза на силос	4.26	60.00
8	Прочие		
	Подсолнечник	5.9	45.00
	Сахарная свекла	0	20.00
	Соя	5.9	35.00

Алгоритм построен таким образом, что в случае отсутствия каких либо культур из приведенных здесь групп происходит автоматический пересчет процентного состава оставшихся в группах культур с нормировкой суммы процентов в каждой группе к 100.

Например, в группе **прочие** не выращивалась соя. Тогда процент площади под подсолнечником увеличится в к = 100/65 = 1.538, т.е. будет равен 69.24 %. Соответственно площадь под сахарной свеклой увеличится до 30.76 %.

2.7.8. Оценка снегозапасов

Основными источниками питания рек бассейна Аральского моря являются талые воды сезонного снежного покрова и ледников. От их реакции на изменение климатических параметров зависит водность рек и водообеспеченность жизнедеятельности населения.

Снегонакопление в холодный период года в значительной степени определяет величину весенне-летнего стока и именно снегозапасы определяют основной вклад в стокоформирование в виде поступления талой воды на водосбор и талой составляющей вегетационного стока. В бассейнах многих рек региона наблюдается тенденция к сокращению снегозапасов, что соответствует тенденциям роста температуры воздуха, наблюдаемым по метеостанциям региона. С повышением температуры воздуха ухудшаются условия для формирования снегозапасов в горах, происходит их сокращение и в некоторых бассейнах это находит свое отражение в убыли стока.

Существующий мониторинг за состоянием водности рек позволяет судить о ее современном состоянии. Большой практический интерес представляет ответ на вопрос «Сколько воды будет в наших реках в будущем?».

Будущее развитие климатической ситуации зависит от ряда факторов, среди которых много неопределенностей. Современные климатические сценарии разработанные ведущими мировыми климатическими центрами позволяют дать возможные варианты ответа на этот вопрос.

В соответствие с условиями сценария REMO-0406 расчеты показали сокращение снегозапасов (рис. 66).

Реакция водных ресурсов проявится, прежде всего, в сокращении талого снегового и роста дождевого поступления на водосбор, а также в изменении соотношения основных видов поступлений на водосборную площадь бассейна реки (рис. 67).

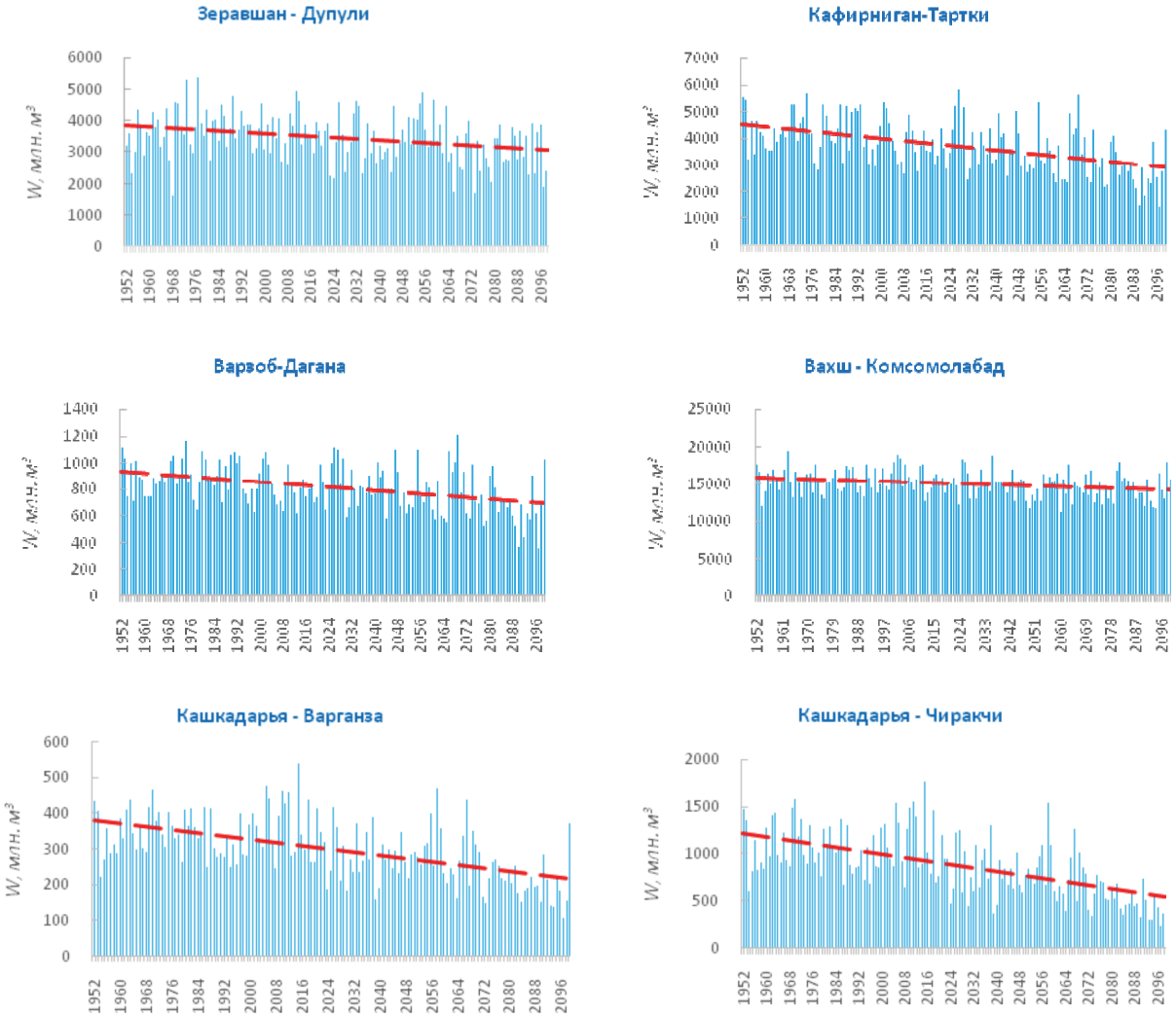


Рис. 66. Оценки снегозапасов бассейнов рек по сценарию REMO-0406

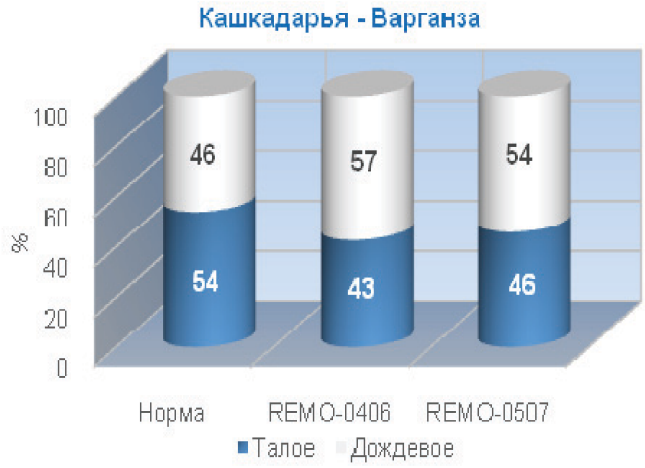


Рис. 67. Соотношение поступлений на водосбор реки Кашкадарья за апрель-сентябрь по климатическим сценариям REMO на 2050 год

Ледниковые запасы, являющиеся важнейшим источником и многолетним резервом чистой пресной воды, не являются стабильными. Оценивая будущее изменение оледенения в условиях потепления и при сохранении современных норм осадков, можно предположить, что темпы его сокращения будут такими же, как в последние годы, с высокой региональной изменчивостью от 0.2 до 1 % в год. Сокращение оледенения приведет к образованию многочисленных моренных озер, повысится вероятность образования прорывных паводков и усиления селевой активности от прорыва высокогорных озер.

При реализации сценариев, прогнозирующих увеличение осадков на перспективу, по ряду районов возможна стабилизация процесса деградации оледенения и даже увеличение ледниковых запасов, вследствие благоприятных условий для аккумуляции ледниковых масс. Модельные расчеты снегозапасов в горах при различных климатических сценариях показали их общее уменьшение в связи с потеплением климата. Для рек преимущественно снегового питания ожидается некоторое (5-10 %) уменьшение вклада снегового поступления и увеличение дождевой составляющей. Для отдельных рек с существенным вкладом ледникового питания возможно сокращение ледникового стока и увеличение вклада дождевого поступления.

Согласно оценкам будущих климатических изменений наряду с повышением температуры, ожидается повышение уровня осадков (особенно в жидком виде), увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, что усилит изменчивость стока. Среди прочих, возможны следующие наиболее неблагоприятные последствия изменения глобального климата в будущем:

- увеличение риска наводнений;
- увеличение масштабов наводнений и засух;
- увеличение ущерба в результате наводнений, оползней, снежных обвалов и селевых потоков.

Так как в отдельных случаях разрабатываемые в настоящее время климатические сценарии на фоне повышения температуры воздуха также дают увеличение количества осадков на 5-10%, а рост температур воздуха обусловливает большую долю жидких осадков в годовой их сумме, то основная селевая активности на территории Узбекистана связана, именно с выпадением жидких осадков. Следует ожидать усиления угрозы со стороны селепаводковых проявлений дождевого происхождения в Узбекистане и, соответственно, увеличится вероятность формирования селевых паводков.

2.7.9. Модельные расчеты гидрографов стока

В условиях значительного роста потребностей и ограниченных водных ресурсов на фоне интенсивного роста населения, развития экономики, требований охраны окружающей среды к воде, проблем трансграничного водопользования, в Узбекистане все острее и острее ощущается водный дефицит. Воздействие наблюдаемого изменения климата на основные стокоформирующие факторы и сток рек в целом, является дополнительным фактором давления на водные ресурсы. В этой связи важно оценить совре-

менное состояние водных ресурсов рек на фоне происходящих климатических изменений и определить тенденции развития этого процесса.

Для решения этой задачи в качестве методической основы выбрана региональная гидрологическая модель, реализованная в виде автоматизированной информационной системы гидрологических прогнозов (АИСГП), которая позволяет решать широкий круг задач прикладной гидрологии, таких как расчет, прогноз, восстановление стока в неизученном створе, расчет притока в водохранилища и другие. АИСГП реализует математическую модель формирования стока в бассейне горной реки и позволяет оценивать снегозапасы, ледниковую составляющую стока и сток реки в долгосрочном разрезею. Система адаптирована к условиям современного обеспечения исходной гидрометеорологической информацией, а также настроена на усвоение климатических сценариев, что позволяет использовать этот инструмент для оценки современного и будущего состояния водных ресурсов рек бассейнов Сырдарьи и Амударьи.

Результаты моделирования рядов стока в месячном и декадном временном масштабе (режим «TimeSeries»),выполненные с использованием сценариев REMO показали, что изменение климата приведет к сокращению располагаемых поверхностных водных ресурсов в вегетационный период и некоторому увеличению в невегетационный-перид. Ситуация усугубляется увеличением водопотребления, которое связано с приростом населения и интенсивным развитием экономики страны. Поэтому ожидаемое сокращение стока на перспективу вследствие изменения климата делает эту проблему еще острее.

Таблица 59

Оценки водных ресурсов на основе климатического сценария REMO-0406

Река - пост	**Норма $Q_{вег}$, $м^3/с$**	**Средние расходы воды за апрель – сентябрь, в % от нормы**			
		2020 г.	**2040 г.**	**2060 г.**	**2080 г.**
Бассейн реки Зеравшан					
Зеравшан - Дупули	266	100	95	89	84
Бассейн реки Кафирниган					
Варзоб - Дагана	77.9	99	98	97	96
Кафирниган - Тартки	258	96	94	92	90
Бассейн реки Вахш					
Вахш - Комсомола-бад	991	97	96	95	94
Бассейн реки Кашкадарья					
Кашкадарья – Вар-ганза	6.07	100	95	90	84
Кашкадарья – Чирак-чи	24.3	96	88	81	74
Бассейн реки Сурхандарья					
Сурхандарья – Шур-чи	95.8	100	98	94	90
Тупаланг – Обизи-ранг	44.3	97	93	88	83

Река - пост	Норма $Q_{вег}$, $м^3/с$	Средние расходы воды за апрель – сентябрь, в % от нормы			
		2020 г.	2040 г.	2060 г.	2080 г.
Бассейн реки Амударья					
Амударья – Керки условно-естественный	2970	97	96	95	94

Таблица 60

Оценки водных ресурсов на основе климатического сценария REMO-0406

Река - пост	Норма $Q_{невег}$, $м^3/с$	Средние расходы воды за октябрь – март, в % от нормы			
		2020 г.	2040 г.	2060 г.	2080 г.
Бассейн реки Зеравшан					
Зеравшан - Дупули	60.1	104	106	108	110
Бассейн реки Кафирниган					
Варзоб - Дагана	17.1	102	106	109	110
Кафирниган - Тартки	76.8	103	107	111	113
Бассейн реки Вахш					
Вахш - Комсомола-бад	228	99	101	102	103
Бассейн реки Кашкадарья					
Кашкадарья – Вар-ганза	4.32	101	105	109	112
Кашкадарья – Чирак-чи	20.5	102	105	109	113
Бассейн реки Сурхандарья					
Сурхандарья – Шур-чи	39.9	102	105	108	110
Тупаланг – Обизи-ранг	10.1	102	104	107	110
Бассейн реки Амударья					
Амударья – Керки условно-естественный	895	101	103	104	105

Таблица 61

Оценки водных ресурсов на основе климатического сценария REMO-0406

Река - пост	Месяц	Норма $Q_{мес}$ $м^3/с$	Средние расходы воды за июнь-август, в % от нормы			
			2020 г.	2040 г.	2060 г.	2080 г.
Бассейн реки Зеравшан						
Зеравшан - Дупули						
	июнь	363	99	93	87	81
	июль	454	96	86	77	67
	авг	355	98	87	76	65
Бассейн реки Кафирниган						
Варзоб - Дагана						
	июнь	118	95	92	89	86
	июль	92.8	92	87	81	75
	авг	52.8	92	87	81	76
Кафирниган - Тартки						
	июнь	387	94	88	83	78
	июль	263	90	83	75	68
	авг	124	88	81	74	66
Бассейн реки Вахш						
Вахш - Комсомолабад						
	июнь	1220	91	93	95	96
	июль	1520	85	82	79	76
	авг	1290	102	99	98	96
Бассейн реки Кашкадарья						
Кашкадарья – Варганза						
	июнь	4.58	95	88	82	75
	июль	2.53	99	95	91	87
	авг	1.81	91	89	87	85
Кашкадарья – Чиракчи						
	июнь	23.3	91	85	79	73
	июль	9.09	87	84	82	79
	авг	4.01	87	85	84	82
Бассейн реки Сурхандарья						
Сурхандарья – Шурчи						
	июнь	154	99	97	96	95
	июль	72.5	99	96	93	90
	авг	20.7	-	-	-	-
Тупаланг – Обизиранг						
	июнь	83.3	96	94	92	90
	июль	36.8	92	90	89	87
	авг	10.6	96	90	83	76
Бассейн реки Амударья						

Река - пост	Месяц	Норма $Q_{мес}$ $м^3/с$	Средние расходы воды за июнь-август, в % от нормы			
			2020 г.	2040 г.	2060 г.	2080 г.
Амударья – Керки условно - естественный						
	июнь	3800	98	95	92	89
	июль	4420	96	92	88	84
	авг	3430	98	95	93	90

Выводы

В условиях наблюдаемых климатических изменений и учащающейся засухи устойчивость сельскохозяйственного производства во все большей степени будет зависеть от наличия располагаемых водных ресурсов, их рационального и эффективного использования и методов их сбережения. Достижение продовольственной безопасности является одной из первоочередных задач страны, причем сельское хозяйство должно не только обеспечивать продовольствием растущее население, но и экономить водные ресурсы. Задача заключается главным образом в развитии и организации орошения, включая рациональное использование водных ресурсов, разработку и внедрение водосберегающих технологий.

К настоящему времени разработано большое количество моделей изменения климата, отражающие различные сценарии эмиссии парниковых газов. Нами была показана возможность применения региональной модели REMO, как сбалансированного варианта между использованием ископаемого топлива и экологическими требованиями.

Результаты моделирования были откалиброваны по фактическим данным наземных метеостанций.

Изменение температуры воздуха является лишь частью изменения климата. В действительности в модели рассматривается комплекс метеорологических параметров, критичных для сельскохозяйственного производства.

2.8. Сценарии социально-экономического и сельскохозяйственного развития территорий стран бассейна Амударьи

2.8.1. Направления социально-экономического развития стран бассейна Амударьи

В социально-экономическом развитии любой страны водный фактор имеет важное значение и особенно актуальным является в условиях территорий бассейна Амударьи. В условиях изменения климата и ожидаемого дефицита воды на территории бассейна Амударьи в будущем необходимо определить приоритетные направления социально-экономического развития и разработать прогнозные параметры развития сельского хозяйства.

В свою очередь, успех государства почти во всех его сферах тесно связан с устойчивым демографическим развитием, обеспечивающим обществу жизненное воспроизводство человеческого потенциала. Как и во всех регионах Центральной Азии, на территории бассейна Амударьи на протяжении последних десяти лет наблюдается тенденция стремительного роста населения, за исключением Туркменистана.

В настоящее время на территории бассейна Амударьи проживает около 25 095 тыс. человек, из которых 5 482 тыс. чел. в Афганистане, 6 083 тыс.чел. в Республике Таджикистан, 4 931 тыс.чел. в Туркменистане, и 8 599 тыс.чел. в Республике Узбекистан (табл. 62).

Таблица 62

Демографические показатели и рост потребности в продовольствии до 2050 г. на территории бассейна Амударьи

Страны	Среднегодовой прирост населения	Численность населения, тыс.чел.			Средний прирост потребности в продовольствии, %	
		2015 г.	2020 г.	2050 г.	2020 г.	2050 г.
Афганистан	2,7%[42]	5 482*	-	-	-	-
Таджикистан	1,4-1,5%	6 083	6 508	10 196	9,6	71,7
Туркменистан	1,2-1,3%	4 931	5 067	6 216	3,0	26,4
Узбекистан	1,4-1,5%	8 599*	9 216	13 877	7,2	61,4

Источник: расчеты автора по данным статистических организаций Афганистана, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана и http://www.cawater-info.net/

Примечание: * – показатели 2016 г.

Прогнозные расчеты показывают, что исходя из демографической политики стран бассейна Амударьи, направленной на воспитание здорового и гармонично развитого населения, среднегодовой прирост населения в долгосрочной перспективе составит в Республике Таджикистан и Узбекистан – 1,4-1,5 %, а Туркменистане – 1,2-1,3 %. В результате ожидаемого роста населения стран бассейна Амударьи, прогнозируется рост потребности в продовольствии к 2050 г. в Республике Таджикистан – 71,7 %, в Туркменистане – 26,4 % и в Республике Узбекистан – 61,4 %.

Социально-экономическое развитие страны зависит от совокупности сфер, отраслей и территорий, связанных между собой множеством нитей. Особенность её состоит в том, что эти факторы представляют собой не только территориально-производственные структуры, но и национально-культурные и природно-климатические образования.

Экономики стран бассейна Амударьи отличаются друг от друга, при этом они быстро и бурно развиваются, что делает территории бассейна Амударьи привлекательными для иностранных капиталовложений (табл. 63).

Афганистан переживает экономический и политический переходный период после десятилетий конфликта, и при этом добился значительных успехов в развитии. На-

[42] https://knoema.ru/atlas/Афганистан/Темп-прироста-населения

пример, рост дохода на душу населения, который в 2004 г. составлял $220, в 2013 г. достиг $730, а в 2016 г. установился на уровне $696[43].

Таблица 63

Структура экономики стран бассейна Амударьи в 2016 г., (ВВП в %)

	Промышленность	Сельское хозяйство	Строительство	Услуги	Другие
Афганистан[44]	11,9	23,0	9,2	51,6	4,3
Таджикистан[45]	15,1	20,7	11,2	41,7	11,3
Туркменистан	34,6[46]	11,3[47]	15,5[48]	61,4	
Узбекистан[49]	25,7	17,6	7,2	49,5	-

Самая большая доля сельского хозяйства в ВВП, по сравнению с другими странами бассейна Амударьи, наблюдается в **Афганистане** и составляет 23,0 %. Около 85–90 % от сельского и 75,0 % от общей численности населения заняты в сельском хозяйстве, которое играет жизненно важную роль в средствах к существованию[50]. Основной сегмент экспортной продукции занимают свежие и сушеные фрукты (38,0 % от общего экспорта в 2016 г.)[51]. При этом, 80,6 % посевной площади Афганистана в 2016 г. были заняты зерновыми культурами. В то же время фрукты занимали 9,3 %, а овощи лишь 4,1%[52].

Республика Таджикистан также является страной с высокой долей сельского хозяйства в ВВП (20,7 %) и количеством занятого в сельском хозяйстве населения (43,0%[53]). Основной сельскохозяйственной культурой Таджикистана является хлопчатник. На экспорт идет до 90% собранного сырья. Также в Таджикистане выращиваются зерновые, овощи, фрукты, табак, картофель, развито скотоводство. Экономика страны всегда была аграрно-ориентированной, и такая тенденция сохранится в долгосрочной перспективе. При этом, сильно развитой и перспективной отраслью является электроэнергетика. Таджикистан – крупный экспортер электроэнергии, по объемам гидроэнергетических запасов страна располагается на восьмом месте в мире.

Основными направлениями для достижения долгосрочного развития Таджикистана с целью обеспечения продовольственной безопасности и доступа населения к качественному питанию выступают: «… диверсификация сельскохозяйственного произ-

[43] Afghanistan Statistical Yearbook 2016-17, P.6

[44] Afghanistan Statistical Yearbook 2016-17, P.168

[45] Социально-Экономическое Положение Республики Таджикистан. Статсборник. 2017 г. стр.150

[46] http://www.ohchr.org/Documents/Issues/IEDebt/impactassessments/Turkmenistan.pdf

[47] http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_agroprom/actions/Documents

[48] http://www.ohchr.org/Documents/Issues/IEDebt/impactassessments/Turkmenistan.pdf

[49] https://stat.uz/ru/433-analiticheskie-materialy-ru/2041-analiz-makroekonomicheskikh-pokazatelej-respubliki-uzbekistan-za-gody-nezavisimosti-1991-2016gg

[50] Afghanistan Statistical Yearbook 2016-17, P.6

[51] Afghanistan Statistical Yearbook 2016-17, P.279

[52] Afghanistan Statistical Yearbook 2016-17, P.181

[53] Социально-Экономическое Положение Республики Таджикистан. Статсборник. 2017 г. стр.210

водства, включая внедрение инноваций, с учетом минимального воздействия на окружающую среду и качество земель, разработка мероприятий по замене опасных химических веществ на альтернативные, менее опасные, повышение привлекательности сектора особенно для дехканских хозяйств за счет формирования и укрепления цепочек добавленной стоимости…»[54].

Основу экономики **Туркменистана** составляют в основном нефтегазодобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая и нефтехимическая отрасли, строительная индустрия, легкая и пищевая промышленность. При этом сельскохозяйственная отрасль Туркменистана имеет важное значение и ее потенциал чрезвычайно высок. В частности, доля сельского хозяйства в ВВП Туркменистана в 2016 г. составила – 11,3%.

Основной культурой, возделываемой в Туркменистане, является хлопчатник. Помимо хлопчатника, выращиваются яблоки, сливы, абрикосы, персики, овощи. Бахчеводство в Туркменистане – важная и древнейшая отрасль земледелия. К бахчевым культурам относятся арбузы, дыни, тыква. Второй по значимости отраслью сельского хозяйства после земледелия является животноводство.

Еще одной страной бассейна Амударьи, с высокой долей сельского хозяйства в экономике страны является **Республика Узбекистан.** За годы независимости сохранялась тенденция постепенного сокращения удельного веса сельского хозяйства в структуре ВВП (с 32,4% в 1995 г. до 17,6% в 2016 г.), что связано с дальнейшим расширением потенциала развития отраслей промышленности и сферы услуг. При этом, снижение доли сельского хозяйства в ВВП произошло на фоне положительных среднегодовых темпов прироста сельскохозяйственной продукции[55]. Доля занятого населения в сельском хозяйстве Узбекистана в 2016 г. составила 27,7%[56].

Основной сельхозкультурой Узбекистана является хлопчатник. Узбекистан является шестой страной в мире и первой в СНГ по производству хлопка-сырца. Объемы производства хлопка-сырца в республике во времена Советского Союза были настолько велики, что повлекли за собой экологические последствия. Загрязнение почвы удобрениями, а также осушение Аральского моря, заставили республику перераспределить часть пахотных земель под зерновые культуры и избавить страну от засилья монокультурой.

В настоящее время правительство Узбекистана идет по курсу обеспечения продовольственной безопасности и экспортоориентированного развития сельского хозяйс4тва, планомерно снижая импорт зерновых и другой продовольственной продукции. Кроме хлопчатника и зерновых культур, в республике выращивают также плодоовощные культуры. В то же время Узбекистан является крупным экспортером свежих и сушенных фруктов, овощей и бахчевых на рынок СНГ.

Как видно выше, сельское хозяйство имеет особое значение в устойчивом развитии экономики стран бассейна Амударьи.

---

[54] http://www.gki.tj/nsr2030_ru.pdf

[55] https://stat.uz/ru/433-analiticheskie-materialy-ru/2041-analiz-makroekonomicheskikh-pokazatelej-respubliki-uzbekistan-za-gody-nezavisimos-ti-1991-2016gg

[56] http://ut.uz/ru/obshestvo/chislennost-postoyannogo-naseleniya-uzbekistana-na-1-yanvarya-2017-goda-sostavila-bolee-32-millionov/

2.8.2. Описание прогнозных сценариев развития стран бассейна Амударьи

В рамках данного исследования прогнозные параметры составлены на основе трех сценариев: сохранение существующих тенденций в сельском хозяйстве (BAU), обеспечение продовольственной безопасности (FSD) и экспортоориентированное развитие сельского хозяйства (ESA).

Основными критериями расчета прогнозов *сценария FSD* являются:

- максимум производства с целью самообеспечения продовольствием;
- увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции и продукции животноводства в соответствии с приростом населения;
- увеличение численности поголовья скота, способствующее производству продукции животноводства (мяса, молока и яиц), тем самым повышение уровня самообеспеченности населения продукцией животноводства;
- обеспечение роста объема общего экспорта продукции растениеводства, получение доходов от которого способствует развитию в других сферах сельского хозяйства (в основном животноводстве);
- углубление внедрения инновационных водо- и ресурсосберегающих технологий в соответствии со стратегией обеспечения продовольственной безопасности.

Сценарий ESA:

- максимум экспорта продовольствия;
- сохранение уровня самообеспеченности населения продовольствием - 80%;
- наращивание темпов производства сельскохозяйственной продукции, исходя из валютных поступлений от экспорта;
- максимальное внедрение инновационных водо- и ресурсосберегающих технологий за счет получения доходов от экспорта.

Основными методами расчета прогнозных параметров являются:

- линия тренда численности населения до 2050 г. построена на основе тенденций роста численности населения за последние 10 лет странах бассейна Амударьи;
- прогнозируемая орошаемая площадь равна величине общей орошаемой площади последних лет, а фактор освоения новых орошаемых земель не учтен в Республике Узбекистан и Туркменистан;
- линии тренда структуры площадей, урожайности и валового сбора сельхозкультур в сценарии BAU до 2050 г. построены с учетом существующих тенденций за последние 10 лет в странах бассейна Амударьи;
- линии тренда структуры площадей, урожайности и валового сбора сельхозкультур в сценарии FSD до 2050 г. построены с учетом критериев, принятых в сценарии FSD и на основе долгосрочных стратегий развития сельского хозяйства в

странах бассейна Амударьи[57,58,59.] При этом, в сценарии FSD учитывается существенное увеличение площадей (кроме пшеницы), роста урожайности и валового сбора продовольственных культур (картофеля, овощей, риса и пшеницы), а также кормовых культур и кукурузы на зерно для обеспечения животноводства кормами;

- линии тренда структуры площадей, урожайности и валового сбора сельхозкультур в сценарии ESA до 2050 г. построены с учетом критериев, принятых в сценарии ESA и на основе долгосрочных стратегий развития сельского хозяйства в странах бассейна Амударьи. При этом, в сценарии ESA учитывается существенное увеличение площадей (кроме хлопчатника и пшеницы), роста урожайности и валового сбора кассовых культур (плодов и ягод, винограда, бахчевых культур и овощей);

- линии тренда численности поголовья скота и производства продукции животноводства в сценарии BAU до 2050 г. построены с учетом существующих тенденций за последние 10 лет стран бассейна Амударьи;

- линии тренда численности поголовья скота и производства продукции животноводства в сценарии FSD до 2050 г. построены с учетом критериев, принятых в сценарии FSD и на основе долгосрочных стратегий развития сельского хозяйства в странах бассейна Амударьи, в частности повышение уровня самообеспеченности населения продукцией животноводства (мяса, молока и яиц);

- линии тренда объемов водопотребления в промышленности до 2050 построены с учетом критериев, принятых во всех сценариях и на основе долгосрочных стратегий развития промышленности в странах бассейна Амударьи, а также исходя из специфики каждого вводимого нового промышленного предприятия, определены их потребности на воду. Объемы водопотребления определены на основе специальных общепринятых норм[60] или согласно техническим характеристикам производственного цикла;

---

[57] Постановление Правительства Республики Таджикистан «Об утверждении Программы реформирования сельского хозяйства Республики Таджикистан на 2012-2020 годы» от 01.08.2012 г. № 383; Постановление Правительства Республики Таджикистан «Об утверждении Государственной программы по освоению новых орошаемых земель и восстановлению выбывших из сельскохозяйственного оборота земель в Республике Таджикистан на 2012-2020 годы» от 31.08.2012 г. № 450; Постановление Правительства Республики Таджикистан «О Программе развития садоводства и виноградарства в Республики Таджикистан на 2016-2020 годы» от 30.12.2015 г. № 793

[58] Национальной программе социально-экономического развития Туркменистана на 2011–2030 годы; Национальной программе Президента Туркменистана по преобразованию социально-бытовых условий населения сёл, поселков, городов этрапов и этрапских центров на период до 2020 года; Программе Президента Туркменистана по социально-экономическому развитию страны на 2012-2016 годы, а также в основных направлениях промышленного развития велаятов.

[59] Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему реформированию и развитию сельского хозяйства на период 2016-2020 годы» от 29.12.2015 г. № ПП-2460; Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему развитию сырьевой базы, углублению переработки плодоовощной и мясомолочной продукции, увеличению производства и экспорта продовольственных товаров в 2016-2020 годах» от 05.03.2016 г. № ПП-2505; Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан «О дополнительных мерах по обеспечению безусловного выполнения государственной программы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013 - 2017 годы» от 24.02.2014 г. № 39.

[60] Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. «Стройиздат». Москва. 1978 г.

- прогнозные объемы водопотребления в коммунально-бытовом хозяйстве и сфере обслуживания рассчитаны исходя из норм, соответствующих мировому стандарту с учетом прогнозных показателей прироста населения.

2.8.3. Развитие сельского хозяйства стран бассейна Амударьи в соответствии со сценариями

С учётом целевых параметров сценариев FSD и ESA до 2050 г. и факторов их определяющих, были произведены расчёты на основе модели оптимизации структуры площадей, занятых сельскохозяйственными культурами. Анализ полученных результатов позволяет определить и обосновать наиболее оптимальный вариант структуры посевов на 2050 г.

Как видно из рис. 68, в настоящее время на территории бассейна Амударьи размещены в основном хлопчатник и зерновые культуры. Так в Республике Таджикистан доля этих культур составляет 61,4 %, соответственно в Туркменистане – 89,1 % и в Республике Узбекистан – 77,0 %.

Исходя из критериев сценария FSD и стратегий развития сельского хозяйства исследуемых стран, в долгосрочной перспективе площади кормовых культур и кукурузы значительно увеличатся для обеспечения животноводства кормами. Так, доля площади кормовых культур в Республике Таджикистан увеличится с 10,2 % в 2015 г. до 13,1 % в 2050 г., соответственно в Туркменистане с 4,1 % до 11,3 % и в Республике Узбекистан с 9,0 % до 16,2 %.

Вместе с тем, сценарий FSD ориентирован также на ускоренное увеличение посевов картофеля и некоторых видов овощей. Увеличение площадей осуществляется за счет сокращения площадей под зерновыми культурами и хлопчатником, а также за счет новых освоенных орошаемых земель в Республике Таджикистан.

По сценарию ESA значительно увеличатся площади плодоовощных культур за счет сокращения площадей, занимаемых хлопчатником, на низкоплодородных землях и землях с машинным орошением. Увеличение площадей плодоовощных культур также произойдет за счет их размещения на предгорных землях и новых освоенных орошаемых землях в Республике Таджикистан. Так, доля площади плодоовощных культур в Республике Таджикистан увеличится с 28,4 % в 2015 г. до 37,7 % в 2050 г., соответственно в Туркменистане с 6,8 % до 30,7 % и в Республике Узбекистан с 14,1 % до 34,2 %.

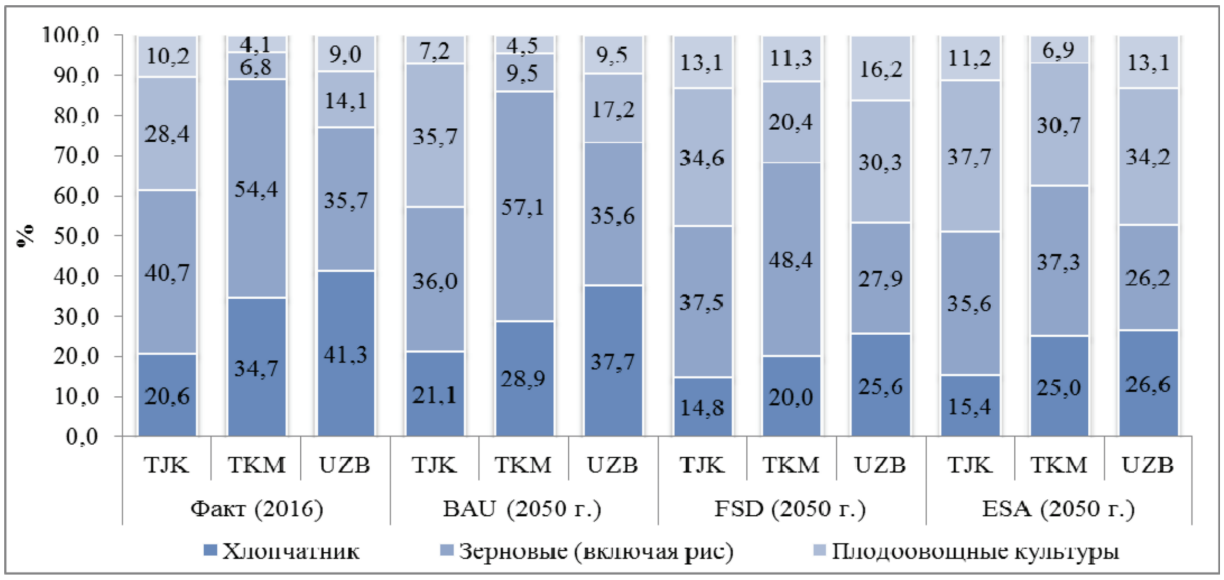


Рис. 68. Прогноз изменения посевных площадей основных видов сельхозкультур до 2050 г. на территории бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистических организаций Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана и http://www.cawater-info.net/

2.8.4. Водопотребление сельскохозяйственных культур по различным сценариям

В результате диверсификации и внедрения инновационных водосберегающих технологий орошения, значительно изменился средний показатель общего водопотребления в зонах планирования бассейна Амударьи.

Прогнозные показатели среднего водопотребления в таджикской и узбекской частях на 2016-2050 г.г. по всем сценариям снижаются по сравнению со средним водопотреблением в 2010-2015 г.г. С другой стороны, в связи с высоким содержанием доли влагоемких сельхозкультур в структуре посевных площадей, в туркменской части данный показатель вырастет на 3,88 % по сценариям FSD и ESA (рис. 69).

Одним из основных факторов снижения среднего водопотребления в зонах планирования бассейна Амударьи является широкое внедрение инновационных водосберегающих технологий орошения. Известно, что внедрение таких технологий орошения способствует росту урожайности и снижению водопотребления сельхозкультур (таблица 64).

Исходя из этого, по нашему мнению, инновационные водо- и ресурсосберегающие технологии орошения в первую очередь необходимо внедрять на низкоплодородных землях и землях с машинным орошением, занимаемыми хлопчатником и пшеницей, а также на предгорных землях и новых освоенных орошаемых землях в Республике Таджикистан.

Внедрение инновационных водосберегающих технологий орошения способствует не только модернизации сельского и водного хозяйства, но также развитию нефтега-

зовой промышленности в Туркменистане и Республике Узбекистан. Так как налаживание производства водосберегающих технологий может быть обеспечено сырьем отечественными газо-химическими предприятиями Туркменистана и Республики Узбекистан.

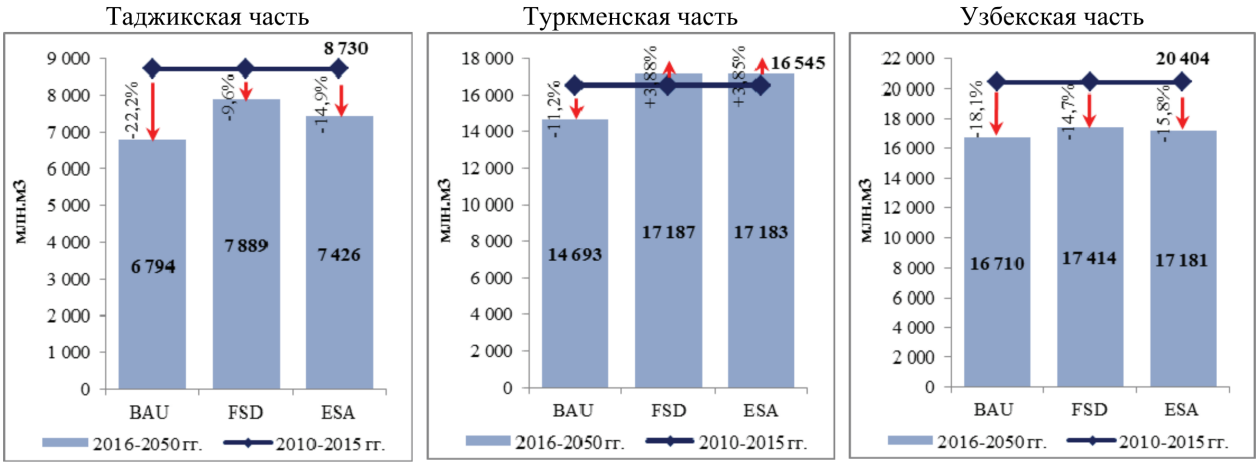


Рис. 69. Прогноз изменения среднего водопотребления до 2050 г. на территории бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным http://www.cawater-info.net/peer/.

Таблица 64

Рост средней урожайности и снижение водопотребления сельхозкультур за счет внедрения инновационных водосберегающих технологий

Вид культуры	Капельное орошение		Другие виды технологии*	
	Средний уровень снижения расходов воды, в % от нормы	Средний уровень повышения урожайности, %	Средний уровень снижения расходов воды, в % от нормы	Средний уровень повышения урожайности, %
Хлопчатник	52	45	20	10
Зерновые культуры	-	-	20	10
Картофель, овощебахчевые	55	65	20	10
Плоды и виноград	40	60	-	10

* - *полив по переносным гибким поливным трубопроводам;*
- полив по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам и др.
Источники: составлено автором на основе исследования[61].

[61] (1) Маматов С.А. Система капельного орошения / САНИИРИ, МЧЖ «Мехридарё», Ташкент, 2012 – стр. 79 (на узб.языке). (2) Безбородов Ю.Г. Теоретическое обоснование и практическая реализация полива пропашных культур по экранированным бороздам. Автореф. дисс. докт. техн. наук. Москва. 2010 г. (3) Шамсиев А.С. Оптимизация водопотребления хлопчатника при орошении по мульчированным бороздам. Автореф. дисс. докт. сел.хоз. наук. Ташкент. 2015 г. (на узб.языке). (4) Рекомендация по внедрению технологий полива хлопчатника, зерновых и других сельскохозяйственных культур с помощью переносным гибким поливным трубопроводам. ТИМИ. Ташкент. 2016. (на узб.языке) – стр.25. (5) Ёрова Б. Исследо-

2.8.5. Прогноз изменения продуктивности земли и воды в странах бассейна Амударьи

Как было подчеркнуто выше, внедрение инновационных водосберегающих технологий орошения способствует значительному росту урожайности, которая в свою очередь является основным фактором, определяющим объем производства сельскохозяйственной продукции. Урожайность – это качественный, комплексный показатель, который зависит от множества факторов. На территории бассейна Амударьи большое влияние на уровень урожайности оказывают природно-климатические условия, в основном рельеф местности, температура воздуха, количество осадков. Вместе с тем, в перспективе основным фактором роста урожайности будет являться внедрение инновационных водо- и ресурсосберегающих технологии орошения, использование более высококачественных сортов семян, саженцев, удобрений и т.д.

Исходя из вышеперечисленных факторов, рассчитан прогнозный рост средней урожайности по видам сельскохозяйственных культур по всем зонам планирования бассейна Амударьи.

Как видно из рис. 70, существенное увеличение средней урожайности в *таджикской части бассейна Амударьи* по сценарию FSD наблюдается по следующим сельхозкультурам: пшеница к 2050 г. – до 6,4 т/га и соответственно кормовые культуры – до 8,6 т/га, картофель – до 42,2 т/га и кукуруза на зерно – до 9,3 т/га.

По сценарию ESA увеличивается средняя урожайность плодов и ягод к 2050 г. – до 14,6 т/га и соответственно, овощей – до 51,3 т/га, бахчевых – до 47,8 т/га и винограда – до 12,5 т/га.

Прогнозные расчеты показывают, что высокий рост средней урожайности в *туркменской части бассейна Амударьи* по сценарию FSD наблюдается по пшенице (к 2050 г. – до 3,2 т/га) и соответственно кормовым культурам (до 19,6 т/га), картофелю (до 28,2 т/га) и кукурузе на зерно (до 24,3 т/га) (рис. 71).

Увеличение средней урожайности плодов и ягод к 2050 г. по сценарию ESA составляет до 15,4 т/га, овощей – до 41,8 т/га, бахчевых – до 30,1 т/га и винограда – до 17,3 т/га.

вание и оценка бороздкового и капельного способов орошения хлопчатника в условиях Центрального Таджикистана. Душанбе, 2015 – стр.38. (6) www.cacaari.org/filesarchive/publications/Turkmenistan.pdf

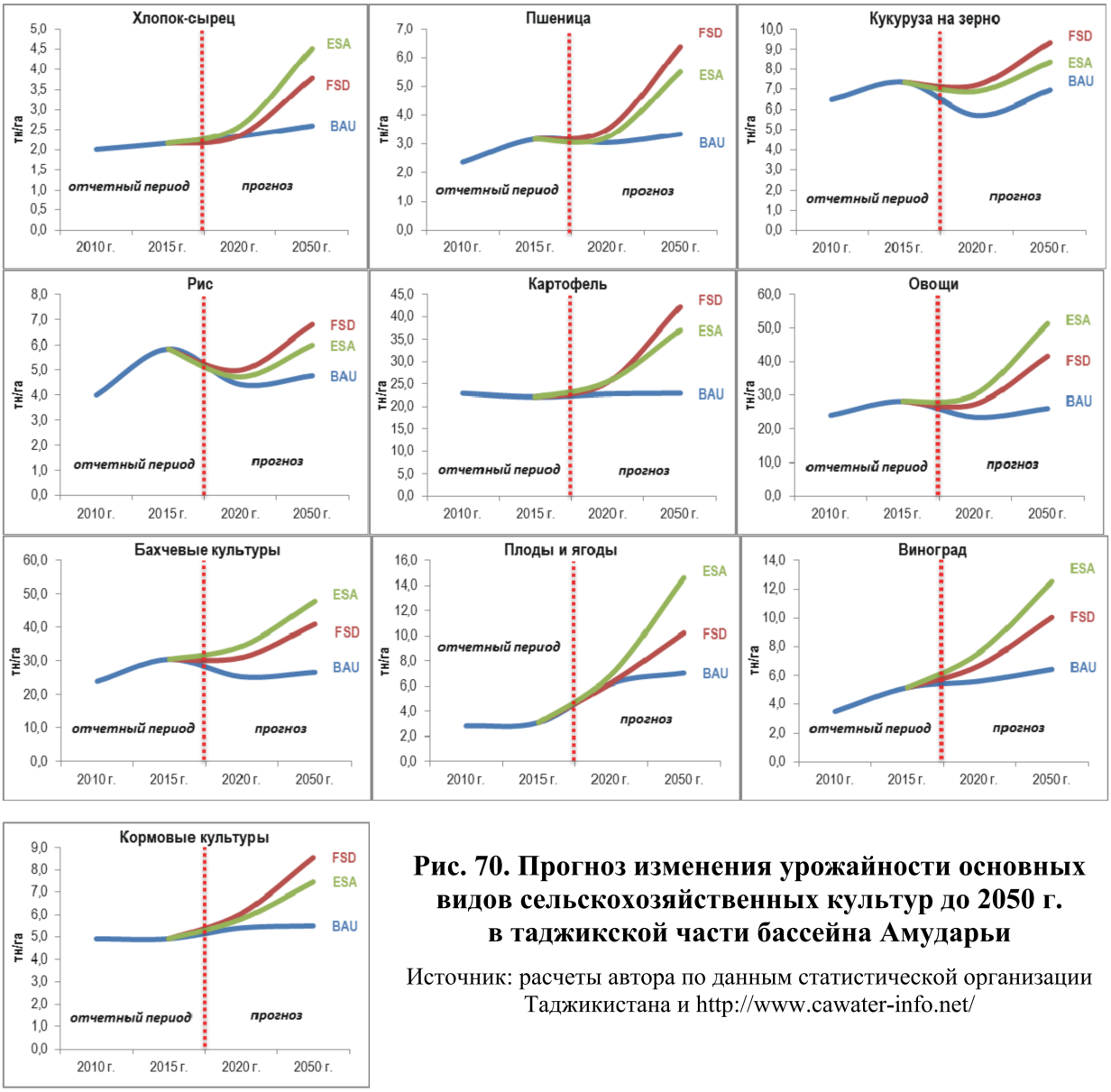


Рис. 70. Прогноз изменения урожайности основных видов сельскохозяйственных культур до 2050 г. в таджикской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Таджикистана и http://www.cawater-info.net/

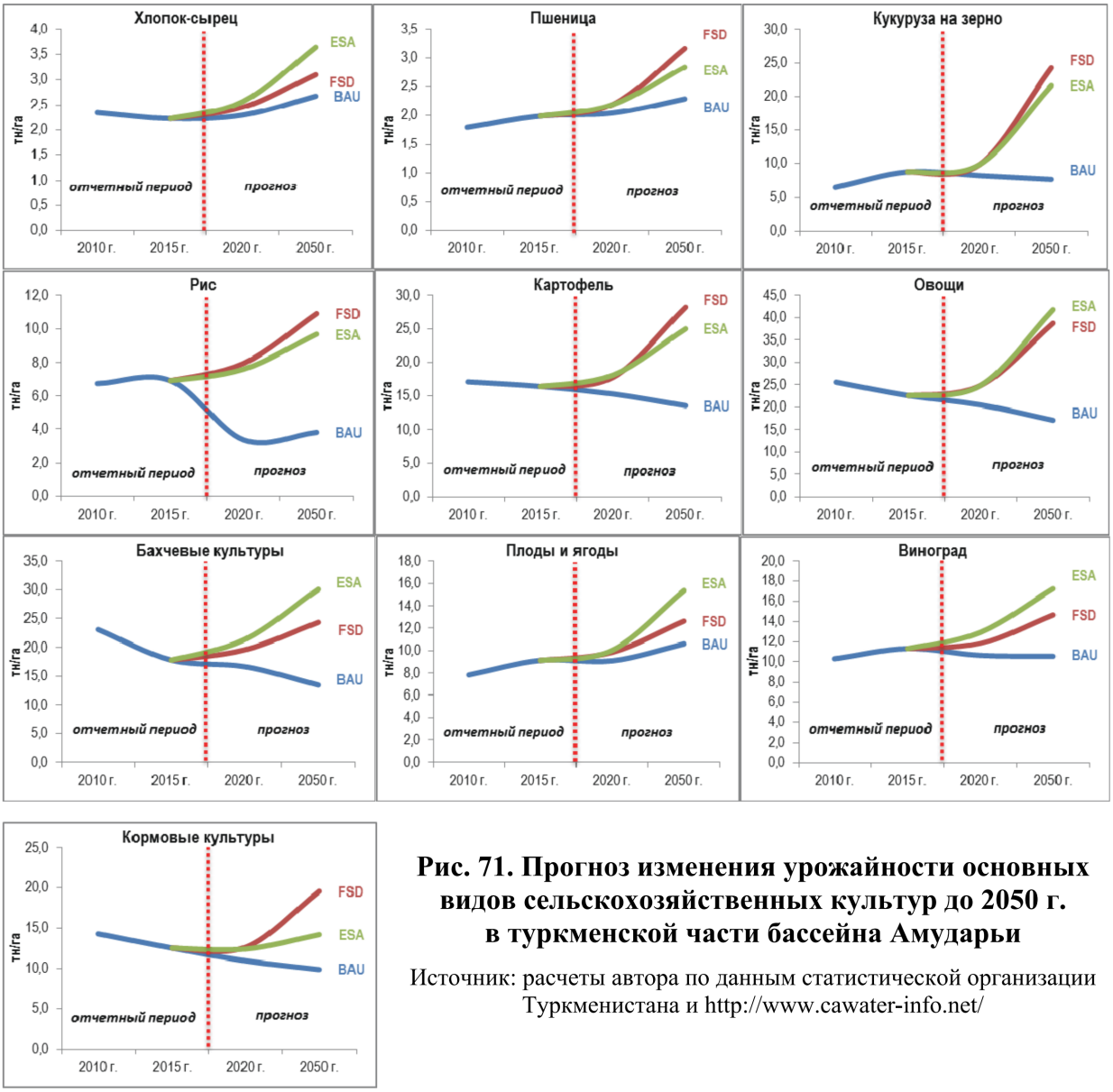


Рис. 71. Прогноз изменения урожайности основных видов сельскохозяйственных культур до 2050 г. в туркменской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Туркменистана и http://www.cawater-info.net/

Как видно из рис. 72, существенное увеличение средней урожайности к 2050 г. в *узбекской части бассейна Амударьи* по сценарию FSD наблюдается по: пшенице – до 7,4 т/га; кормовым культурам – до 26,3 т/га; картофелю – до 38,0 т/га и кукурузе на зерно – до 7,9 т/га.

По сценарию ESA рост средней урожайности плодов и ягод к 2050 г. будет составлять – до 26,1 т/га, овощей – до 49,0 т/га, бахчевых – до 42,9 т/га и винограда – до 23,1 т/га.

Диверсификация и повышение урожайности сельскохозяйственных культур на территории бассейна Амударьи приведут к значительному росту производства основных видов сельхозкультур.

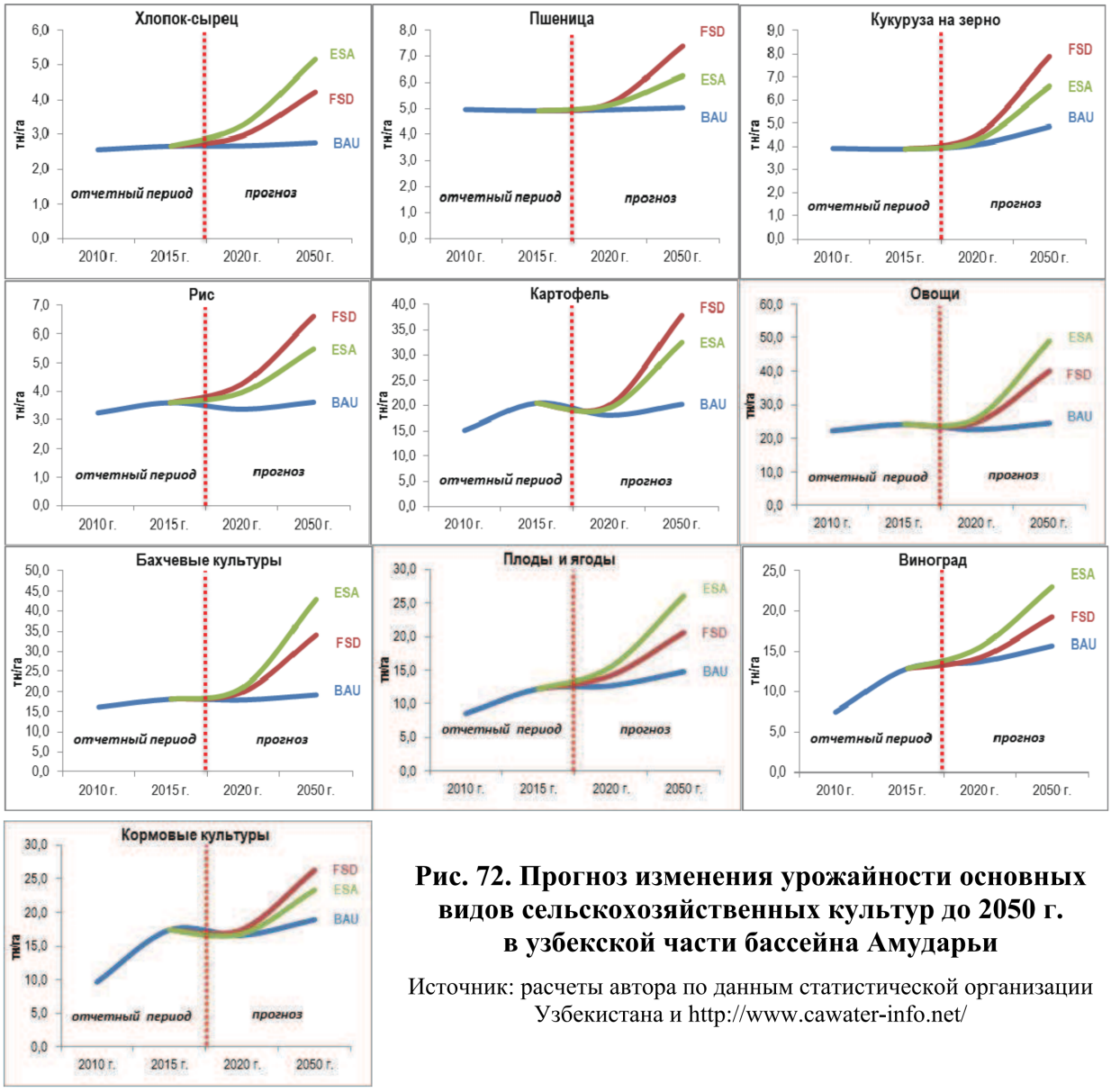


Рис. 72. Прогноз изменения урожайности основных видов сельскохозяйственных культур до 2050 г. в узбекской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Узбекистана и http://www.cawater-info.net/

Так, по сценарию FSD в *таджикской части бассейна Амударьи* высокие темпы роста наблюдаются в производстве кормовых культур в 2050 г. по сравнению с 2015 г. – до 220,6 % и соответственно овощей, бахчевых и картофеля – до 198,9 % и зерновых – до 190,5 %.

По сценарию ESA существенные темпы роста наблюдаются по плодам, ягодам и винограду к 2050 г. – до 533,1 %, соответственно овощи, бахчи и картофель – до 240,3 %. При этом, не смотря на существенное сокращение площадей под хлопчатником и пшеницей, объёмы производства их не только остались на нынешних уровнях, но и наблюдается рост. Так, прогнозный рост производства хлопчатника в 2050 г. по сравнению к 2015 г. будет составлять 61,8 % (по сценарию ESA) и соответственно зерновых – 90,5 % (по сценарию FSD) (рис. 73).

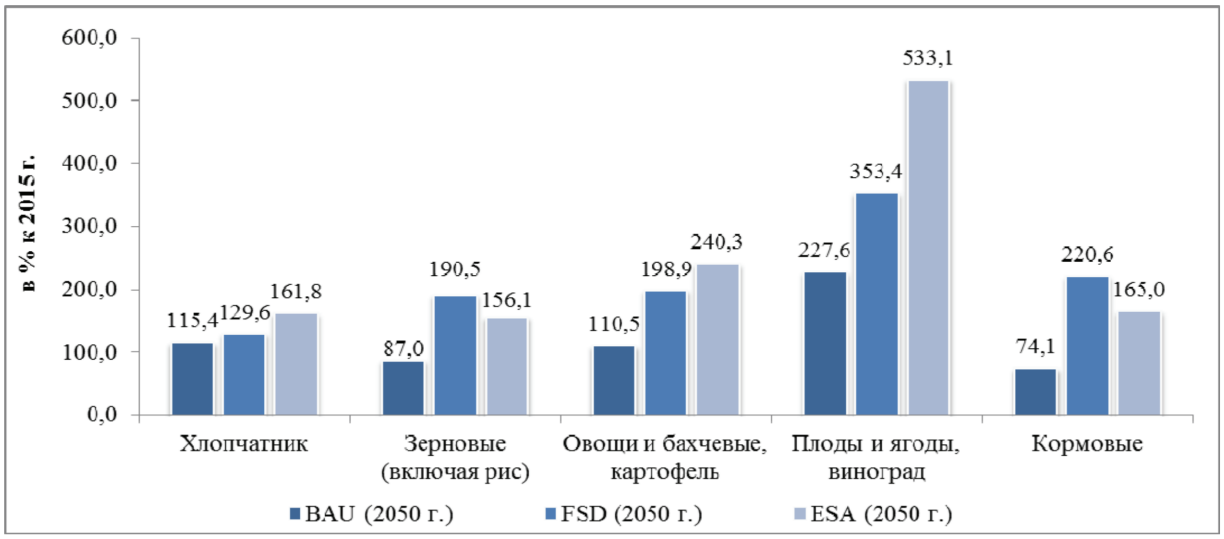


Рис. 73. Прогноз изменения роста производства основных видов сельхозкультур до 2050 г. в таджикской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Таджикистана и http://www.cawater-info.net/

По сценарию FSD в *туркменской части бассейна Амударьи* высокие темпы роста наблюдаются в производстве кормовых культур (рост составляет 499,9 % в 2050 г. по сравнению с 2015 г.) и соответственно овощи, бахчи и картофель – до 701,7 %.

По сценарию ESA производство плодов, ягод и винограда в 2050 г. по сравнению с 2015 г. будет составлять 813,6 %, овощей, бахчи и картофеля – до 701,7 %. При этом, прогнозный рост производства хлопчатника в 2050 г. будет составлять 18,1 % (по сценарию ESA) и зерновых – 36,5% (по сценарию FSD) (рис. 74).

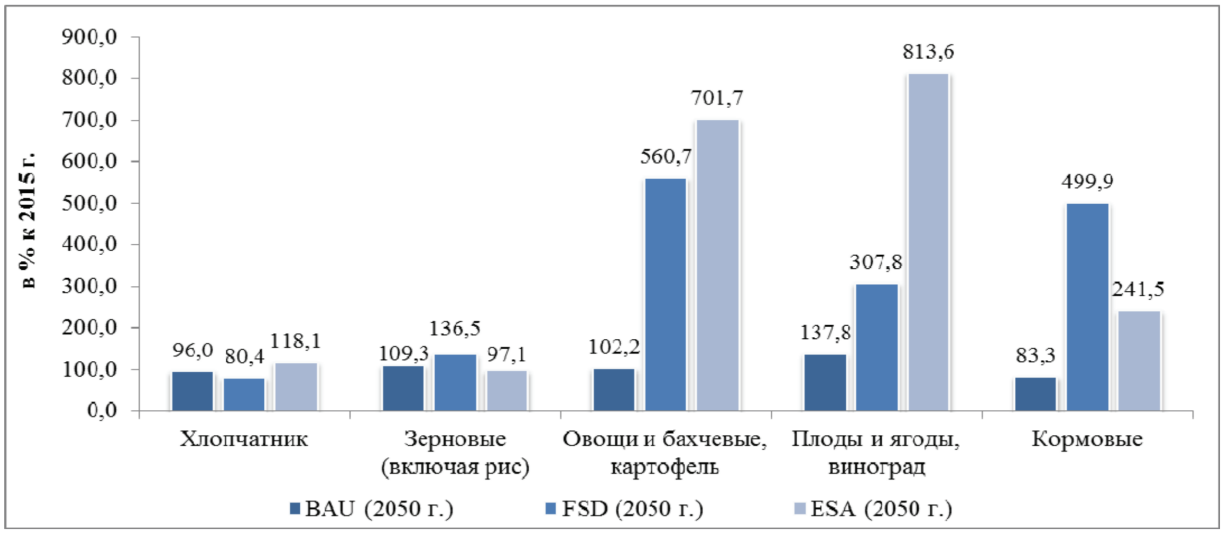


Рис. 74. Прогноз изменения роста производства основных видов сельхозкультур до 2050 г. в туркменской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Туркменистана и http://www.cawater-info.net/

Прогнозные расчеты показывают, что по сценарию FSD в *узбекской части бассейна Амударьи* производство кормовых культур увеличится до 252,2 % в 2050 г. по сравнению с 2015 г., а также значительный рост будет наблюдаться в производстве овощей, бахчевых и картофеля (до 431,4 %).

По сценарию ESA существенные темпы роста наблюдаются в производстве овощей, бахчевых и картофеля (до 542,5% в 2050 г. по сравнению с 2015 г.), по плодам, ягодам и винограду – до 423,3%. Не смотря на существенное сокращение площадей под хлопчатником и зерновыми культурами, объёмы производства их не только останутся на нынешних уровнях, но и будет наблюдаться рост. Так, прогнозный рост производства хлопчатника в 2050 г. по сравнению с 2015 г. будет составлять 23,7% (по сценарию ESA) и соответственно зерновых – 17,6% (по сценарию FSD) (рис. 75).

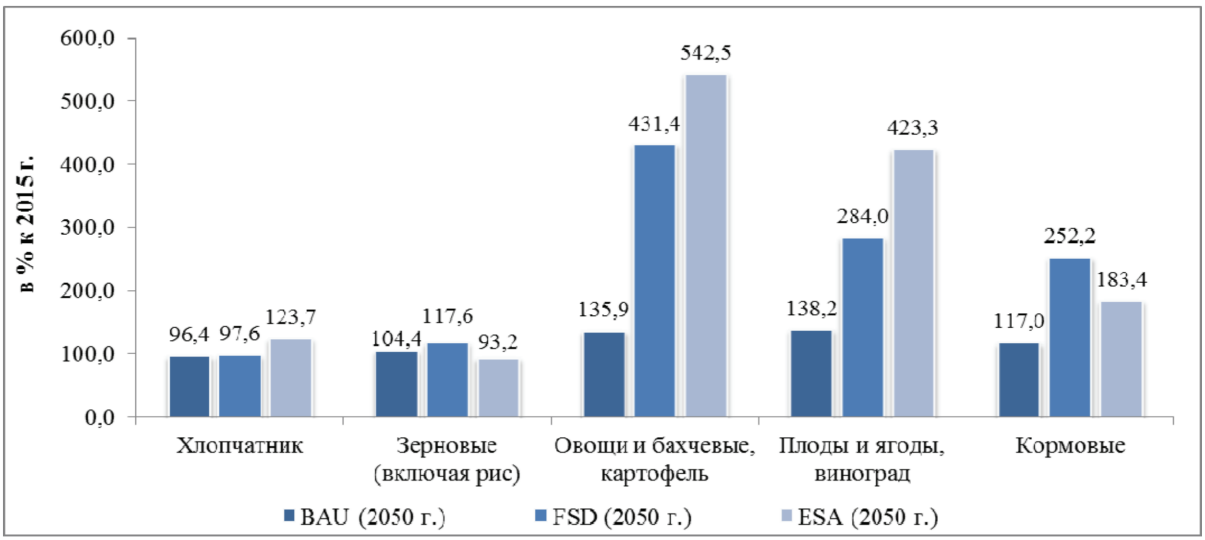


Рис. 75. Прогноз изменения роста производства основных видов сельхозкультур до 2050 г. в узбекской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Узбекистана и http://www.cawater-info.net/

Рост производства сельскохозяйственной продукции, в основном кассовых культур, в долгосрочной перспективе приведет к значительному увеличению продуктивности земли и воды.

Так, рис. 76 показывает, что по сценарию FSD показатель продуктивности земли составит к 2050 г. от 2 838 $/га в туркменской части до 4 248 $/га в узбекской части зоны планирования.

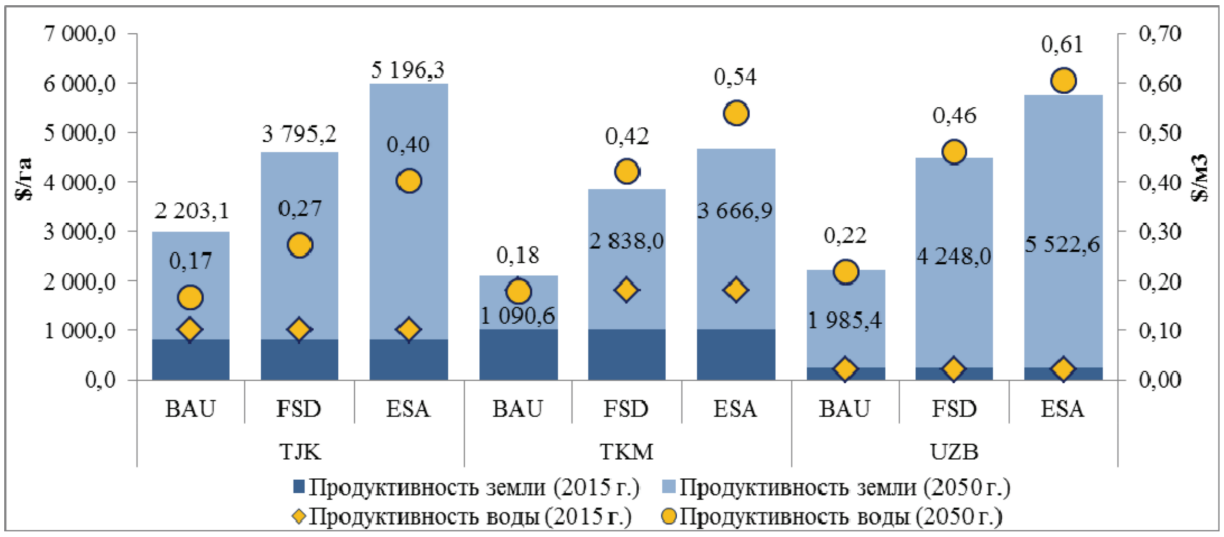


Рис. 76. Прогнозные показатели продуктивности земли и воды до 2050 г. на территории бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным http://www.cawater-info.net/peer/.

По сценарию ESA данный прогнозный показатель варьируется от 3 666,9 $/га в туркменской части до 5 522,6 $/га в узбекской части. Данная разница объясняется диверсификацией разными частями зоны планирования бассейна Амударьи, то есть количеством в общей структуре площадей кассовых культур. Пропорционально продуктивности земли, была также рассчитана продуктивность воды, которая составляет по сценарию FSD от 0,27 $/м^3 в таджикской части до 0,46 $/м^3 в узбекской части. А по сценарию ESA данный показатель составил: 0,40 $/ м^3 в таджикской, 0,54 $/м^3 в туркменской, и 0,61 $/м^3 в узбекской части бассейна Амударьи.

2.8.5. Прогноз развития животноводства в странах бассейна Амударьи

Для территории бассейна Амударьи обеспечение населения продукцией животноводства имеет особое значение, так как текущее потребление мяса и молочной продукции остается ниже рекомендуемых норм. Прогнозные показатели увеличения численности поголовья скота и производства продукции животноводства по сценариям FSD и ESA рассчитаны исходя из наличия кормовой базы, увеличения урожайности кормовых культур и достаточных объемов вторичной продукции переработки хлопка-сырца (шрот, шелуха и др.).

Специфика животноводческого сектора бассейна Амударьи заключается в том, что большая часть животноводческой продукции производится мелкими дехканскими хозяйствами, играющими важную социальную роль, поскольку оно является важным источником дохода и продуктов питания для сельских семей. Тем не менее, малый размер подавляющего большинства животноводческих хозяйств создает значительные сложности в применении современных технологий и ограничивает потенциальный эффект масштаба.

Одной из проблем является также нехватка кормов для животных, вызванная в прошлом сокращением посевных площадей под кормовыми культурами. Данная проблема возникла из-за перераспределения земель в пользу других культур, главным образом, пшеницы и хлопчатника. Другой важной проблемой является отсутствие адек-

ватной сервисной инфраструктуры для животноводов. При этом, в последние годы реализации программы развития животноводства в странах бассейна Амударьи положительно сказалась на развитие животноводства.

Одним из важнейших факторов, влияющих на рост валового выхода продукции животноводства, является увеличение поголовья скота и птицы. Прогнозные расчеты показывают, что темпы роста численности поголовья КРС по сценарию FSD в *таджикской части бассейна Амударьи* составляет к 2050 г. по сравнению с 2015 г. – 569,3%, овец и коз – 598,9% и соответственно в *туркменской части* поголовья КРС – 654,2%, овец и коз – 674,0%, в *узбекской части* поголовья КРС – 704,6%, овец и коз – 518,6% (рис. 77).

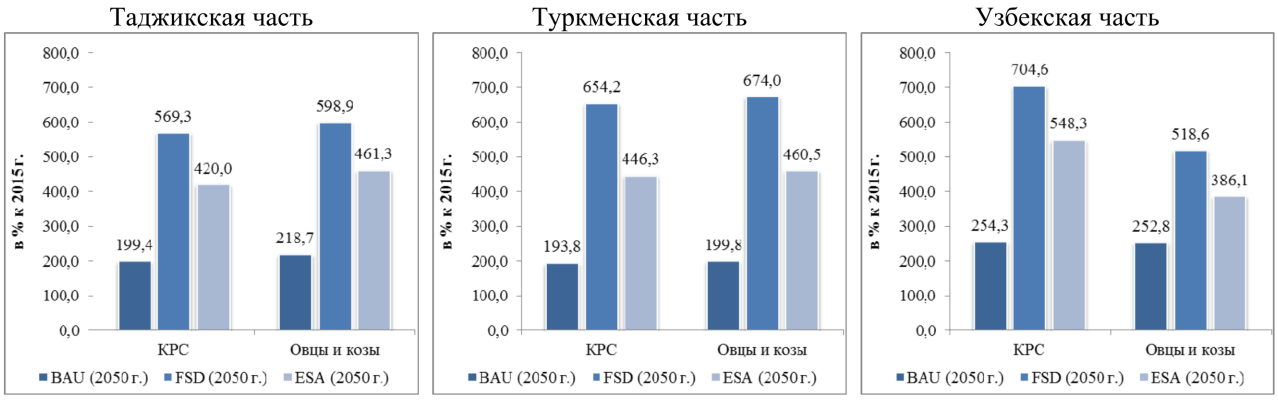


Рис. 77. Прогноз изменения роста численности поголовья скота до 2050 г. на территории бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистических организаций Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана и http://www.cawater-info.net/

Увеличение численности поголовья скота обеспечивает высокие темпы роста производства продукции животноводства на территорирях бассейна Амударьи.

Так, по сценарию FSD темпы роста производства мяса в *таджикской части бассейна Амударьи* в 2050 г. по сравнению с 2015 г. составляет – до 707,8%, молока – до 730,2% и яиц – до 647,5%. Соответсвенно, в *туркменской части бассейна Амударьи* рост производства мяса – до 638,1%, молока – до 679,1% и яиц – до 588,9%, в *узбекской части* мяса – до 667,0%, молока – до 794,6% и яиц – до 633,1% (рис. 78).

2.8.6. Прогноз обеспеченности населения стран бассейна Амударьи основными видами продовольствия

Производство в стране на душу населения основных видов продуктов питания: зерна, молока, мяса, сахара, картофеля и др. является приоритетным для развития национальной экономики. Сопоставление этого показателя с рациональными нормами потребления этих продуктов питания позволяет судить о степени удовлетворения потребностей населения в продуктах питания, о качестве пищевого рациона и т.п.

Вместе с тем, обеспечение населения бассейна Амударьи продовольствием в достаточном количестве и ассортименте, а также наращивания экспорта продовольствия представляет сложную проблему, включающую комплекс вопросов производства

продовольственной продукции, конъюнктуры национального и мирового продовольственных рынков, конкурентоспособности продукции, уровня доходов и структуры питания населения, социальной и внешнеэкономической политики государства и т.д.

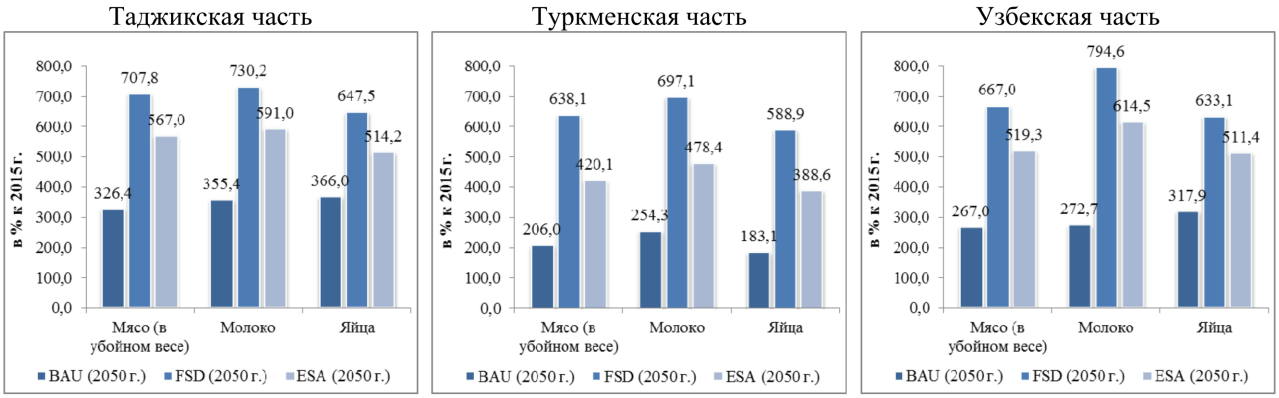


Рис. 78. Прогноз изменения роста производства продукции животноводства до 2050 г. на территории бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистических организаций Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана и http://www.cawater-info.net/

Прогнозные показатели производства основных видов продовольственной продукции на душу населения в целом увеличиваются. Согласно нашим расчетам, рекомендуемые нормы потребления мяса и мясопродуктов, молока и молочных продуктов, будет достигнуто к 2050 году только в узбекской части бассейна Амударьи. В таджикской и туркменской частях эти показатели увеличиваются, но остаются на уровне ниже рекомендуемых норм (рис. 79-81).

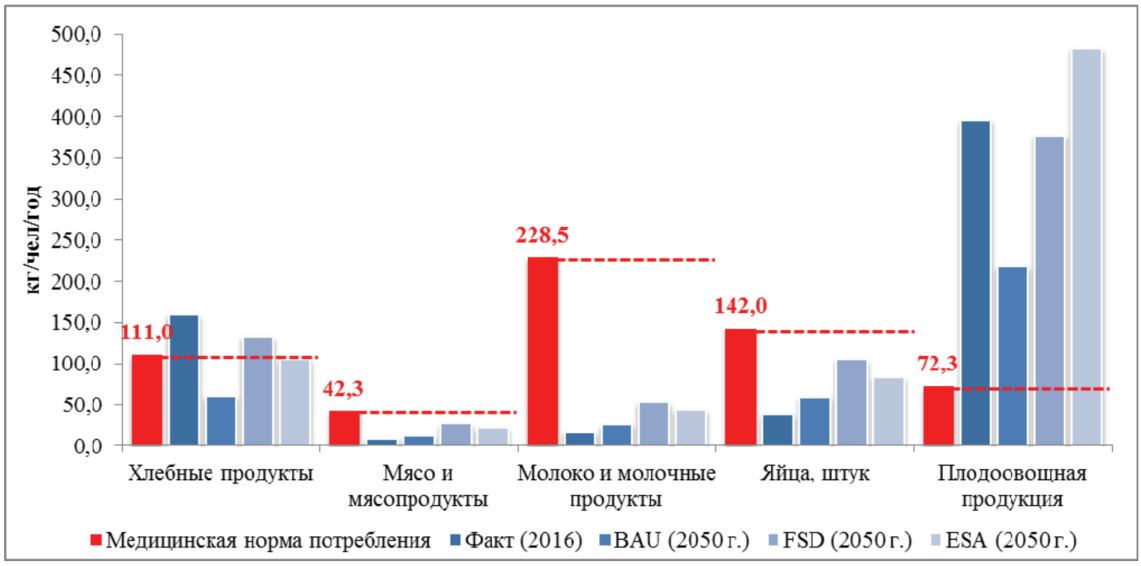


Рис. 79. Прогноз производства основных видов продовольствия на душу населения до 2050 г. таджикской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Таджикистана и http://www.cawater-info.net/

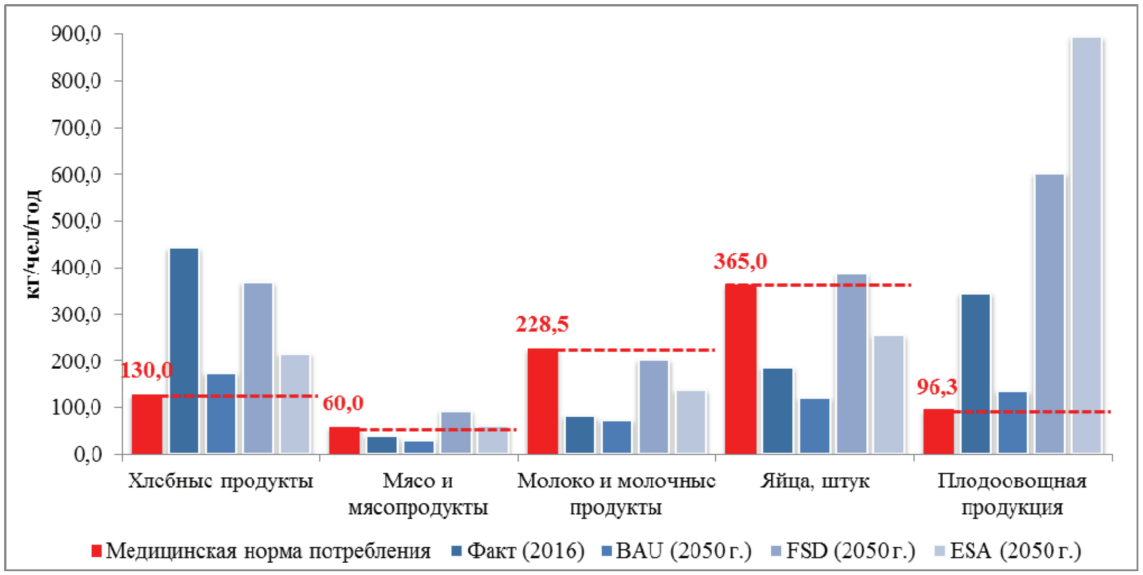


Рис. 80. Прогноз производства основных видов продовольствия на душу населения до 2050 г. туркменской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Туркменистана и http://www.cawater-info.net/

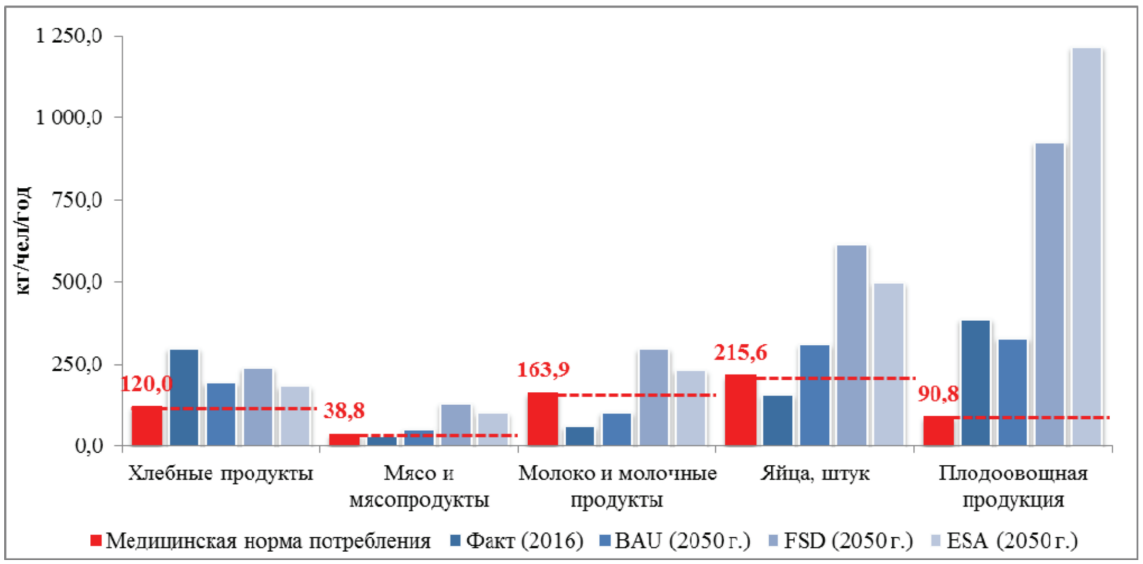


Рис. 81. Прогноз производства основных видов продовольствия на душу населения до 2050 г. узбекской части бассейна Амударьи

Источник: расчеты автора по данным статистической организации Узбекистана и http://www.cawater-info.net/

2.8.7. Прогноз водопотребления несельскохозяйственного направления в странах бассейна Амударьи

Основным приоритетным направлением долгосрочной стратегии стран бассейна Амударьи является устойчивое развитие промышленности и сферы услуг. Стабильный рост населения, бурное развитие промышленности и сферы услуг способствуют росту спроса на воду.

Рис. 82 показывает прогнозные показатели водопотребления промышленностью в странах бассейна Амударьи. Как видно, в Узбекистане этот показатель вырастет с 1 534,6 млн. м^3 в 2014 году до 1 897,4 млн. м^3 в 2050 г., что составляет 23,6%.

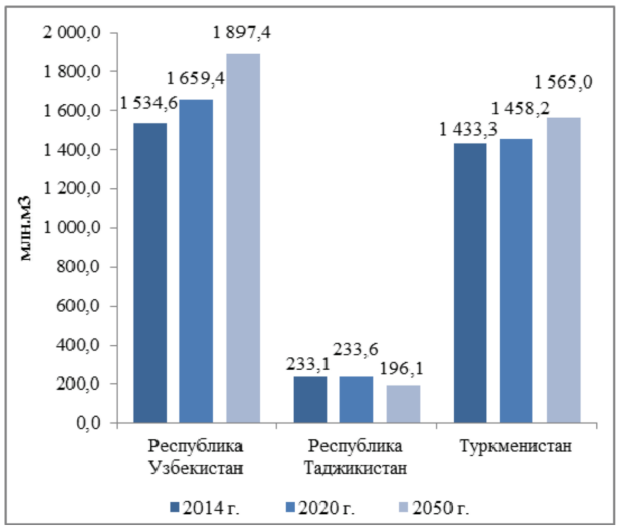


Рис. 82. Прогноз водопотребления в промышленности в зонах планирования бассейна Амударьи до 2050 г.

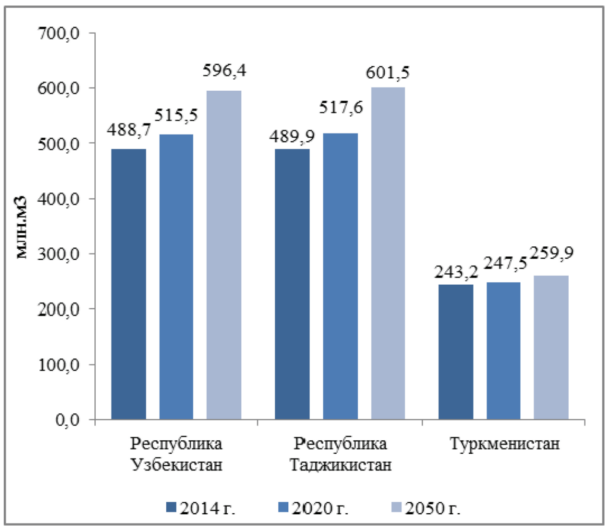


Рис. 83. Прогноз водопотребления в коммунально-бытовом хозяйстве в зонах планирования бассейна Амударьи до 2050 г.

Источник: расчеты автора по данным http://www.cawater-info.net/peer/.

В Туркменистане прогнозируется рост данного показателя на 9,2%. Это объясняется развитием новых крупных промышленных предприятий в зонах бассейна Амударьи в этих странах. В Таджикистане прогнозное водопотребление умеренно снижается (на 15,9 %), так как на территориях Таджикистана в зоне планирования бассейна Амударьи до сих пор не разработаны перспективные крупномасштабные промышленные проекты, уже функционирующие на территориях Узбекистана и Туркменистана.

На рис. 83 указано прогнозное водопотребление коммунально-бытовым хозяйством стран бассейна Амударьи. Как видно на графике, высокий рост прогнозных показателей водопотребления наблюдается в Узбекистане – на 22,0% и в Таджикистане – на 22,8%. Это объясняется, в первую очередь, высокими темпами прироста населения этих стран, а также стремительным развитием сферы услуг, оказываемых местному населению. Однако, прогнозный рост данного показателя в Туркменистане составляет всего

6,9%, что пропорционально прогнозному умеренному приросту населения Туркменистана.

2.8.8. Выводы

Исходя из выше описанного, можно сделать следующие выводы:

1. Рост численности населения, изменение демографической структуры и значительное повышение доходов населения страны в перспективе приведут к существенному росту спроса на продовольственные товары, а также к изменению структуры питания вследствие изменяющегося образа жизни и поведенческих стереотипов. То есть, предполагается значительное повышение доли мяса, яиц и растительного масла при сокращении доли зерновых и сахара в общем объеме потребления.

2. Прогнозные показатели изменения орошаемых площадей рассчитаны исходя из поставленных задач сценариев. В целях обеспечения зерновой независимости в перспективе площади под пшеницей существенно сокращаться не будут. В частности, на высвобожденных из-под пшеницы площадях предполагается разместить кормовые культуры, овощи и картофель. Так, по сценарию FSD площади кормовых культур и кукурузы значительно увеличатся для того, чтобы обеспечить кормами животноводство, в основном, молочного направления.

3. Вместе с тем необходимо сокращение посевных площадей хлопчатника на нерентабельных землях и использование этих земель для производства фруктов, овощей и бахчевых, т.к. производство данных культур на этих землях с экономической точки зрения более целесообразно, чем производство хлопка. При оптимизации структуры посевных площадей сельхозкультур в перспективе, существенного уменьшения площадей под хлопчатником не наблюдается, так как вторичная продукция переработки хлопка-сырца (шрот, шелуха и др.) обеспечивает кормами животноводство, в основном мясного направления.

В среднесрочной перспективе планируется освоение новых орошаемых земель, и на этих землях будут размещаться в основном интенсивные сады и виноградники с применением водо- и ресурсосберегающих технологий орошения.

4. Урожайность сельскохозяйственных культур увеличивается в основном за счет изменения технологий орошения и перехода к более прогрессивным (капельное и другие виды технологий орошения), а также благодаря количеству, качеству и структуре вносимых удобрений; качеству и срокам выполнения всех полевых работ; качеству посевного материала; изменению сортового состава посевов; борьбы с болезнями и вредителями растений; чередованию культур в полях севооборота и др.

Согласно сценарию ESA рост урожайности будет обеспечен за счет получения прибыли от экспорта продукции. Эта прибыль позволит внедрить новейшие технологии орошения, использовать более высококачественные сорта семян, саженцев и удобрений и т.д.

5. Одним из основных факторов снижения среднего водопотребления в зонах планирования бассейна Амударьи является широкое внедрение инновационных водосберегающих технологий орошения, внедрение которых способствует росту урожайности и снижению водопотребления сельхозкультур.

6. Рост производства сельскохозяйственной продукции, в основном кассовых культур, в долгосрочной перспективе приведет к значительному увеличению продуктивности земли и воды. Данные показатели разнятся от страны к стране, что объясняется количеством в общей структуре площадей кассовых культур.

7. Прогнозные показатели увеличения численности поголовья скота, производства продукции животноводства по сценариям FSD и ESA рассчитаны исходя из достаточности кормовой базы, увеличения урожайности кормовых культур и достаточных объемов вторичной продукции (шрот, шелуха и др.) переработки хлопка-сырца. При этом прирост производства мяса, молока и яиц почти по всем зонам планирования бассейна Амударьи до 2050 г. еще не полностью обеспечивает потребление населением в соответствии с рекомендуемыми нормами.

Оба сценария предполагают в долгосрочной перспективе существенный рост производства сельхозпродукции за счет ее диверсификации и повышения урожайности. В свою очередь, это даст возможность эффективно использовать экспортный потенциал территорий бассейна Амударьи, а также приведет к устойчивому обеспечению местного населения продовольствием и достижению рекомендуемых норм потребления продукции животноводства.

Повышение экспортного потенциала обеспечит высокие экономические результаты товаропроизводителей, а полученная прибыль от экспорта позволит широко внедрить инновационные водо- и ресурсосберегающие технологии. Более того, снижение социальной напряженности будет обусловлено повышением уровня благосостояния сельского населения территорий бассейна Амударьи.

8. Прогнозные показатели водопотребления будут расти как в промышленности, так и в коммунально-бытовой сфере. Это объясняется стремительным развитием крупных промышленных предприятий Узбекистана и Туркменистана, развитием сферы услуг в Узбекистане и Таджикистане, а также приростом населения во всех трех странах.

2.9. Сценарии регулирования стока рек

2.9.1. Анализ работы водохранилищных гидроузлов

Регулирование стока в бассейне реки Амударья осуществляется речными (русловыми, наливными) и внутрисистемными (расположенными внутри ирригационных систем) водохранилищами. Регулирование реки Вахш осуществляется водохранилищами Вахшского каскада ГЭС, регулирование реки Амударья – водохранилищами Тюямуюнского гидроузла (далее – ТМГУ). Регулирование рек Вахш и Амударья учтено в модели WAm ASBmm, регулирование других рек и каналов внутрисистемными водохранилищами – в зонах планирования моделью PZm ASBmm.

2.9.2. ГЭС Таджикистана

Объекты энергосистемы Таджикистана, ограниченные бассейном Амударьи, включают (по состоянию на 2015 год): Нурекскую ГЭС, ГЭС Вахшского каскада (Байпазинская, Головная, Сангтудинские ГЭС 1 и 2), ГЭС Вахшского канала (Перепадная, Центральная), каскад Варзобских ГЭС и ГЭС реки Гунт (Памир, Хорог). В данный список не входит Кайраккумская ГЭС (Бахри Точик), поскольку она относится к бассейну реки Сырдарьи. Суммарная установленная мощность всех ГЭС Таджикистана (бассейн Амударьи) на 2015 год оценивается в 4.81 ГВт.

Наши расчеты показывают, что для повышения выработки электроэнергии (без падений напоров ГЭС в маловодные периоды) и гарантированности водоотдачи для орошаемого земледелия в бассейне Амударьи необходимо осуществление многолетнего регулирования. Только таким образом, после введения в эксплуатацию Рогунского гидроузла (полный проектный объем Рогунского водохранилища 13.3 км^3 соответствует отметке НПУ 1290 м, полезный объем - 8.6 км3) может быть достигнут максимальный эффект от эксплуатации всех водохранилищ в бассейне и повышена степень зарегулированности стока. При этом, Рогунский и Нурекский гидроузлы совместно должны работать так, чтобы требования энергетики не противоречили требованиям ирригации и в маловодные годы осуществлялись дополнительные попуски для орошения в вегетацию.

Только в увязке с другими водохранилищами бассейна (водохранилища Туямуюнского гидроузла, внутрисистемные водохранилища) может быть достигнут максимальный эффект от эксплуатации Рогунского и Нурекского водохранилищ. При этом, необходимо помнить, что число возможных вариантов управления водохранилищами в будущем может резко увеличится по сравнению с существующим положением. И здесь важно найти оптимальные варианты, раскрывающие преимущества регионального сотрудничества.

2.9.3. Нурекский гидроузел

В настоящее время единственным водохранилищным гидроузлом с ГЭС, который в значительной степени влияет на внутригодовое распределение стока реки Вахш (а значит и реки Амударьи), является Нурекский Гидроузел. Другие ГЭС Таджикистана имеют полезные емкости, позволяющие осуществлять суточное или недельное регулирование.

Нурекский гидроузел - ирригационно-энергетического назначения, в эксплуатации с 1972 года. Основные данные: НПУ - 910 м, УМО - 857 м, полный объём - 10,5 км^3, полезный - 4,5 км^3, установленная мощность ГЭС - 3000 тыс.кВт., напор 223 м. Объём заиления (по съёмке 1990 г.) оценивается в 1,8 км^3, в том числе в пределах мёртвого объёма (ниже отметки 857 м) около 700 млн.м^3, и полезного объёма – 1.1 км^3 (по данным Средазгидропроекта). Гарантируемый среднесуточный зимний попуск в нижний бъеф Нурекского гидроузла по проекту установлен в размере 300 м^3/с. Допустимая интенсивность сработки и наполнения водохранилища - 0.5 м (900-910 м) и 1.0 (ниже 900 м). Максимальный попуск по условиям незатопления земель - 3000 м^3/с. Испарение

с водной поверхности водохранилища Нурекского гидроузла - 1050 мм/год, объём испарения при средней площади зеркала 98 км^2 - 90 млн.м^3/год. Ведомственная принадлежность гидроузла: ОАХК «Барки Точик».

По проекту Нурекское водохранилище должно регулировать сток реки Вахш в период вегетации в компенсирующем (по отношению к Пянджу) режиме по ирригационному графику водопотребления. Современное назначение гидроузла (по приоритетам): сезонное регулирование стока в интересах гидроэнергетики Таджикистана, осуществление попусков в вегетацию в интересах орошаемого земледелия верхнего и среднего течения Амударьи по графику МКВК / БВО «Амударья».

Ниже на рис. 84-87 показаны попуски воды из Нурекского г/у за период с 1980 по 2017 гг, - попуски сгруппированы по годам: 1980-1991, 1991-2002, 2002-2013, 2013-2017 гг. Режимы 1991-2002 и 2002-2013 гг. можно охарактеризовать как энергетические, 2013-2017 – как энерго-ирригационный и режим 1980-1991 – как ирригационный.

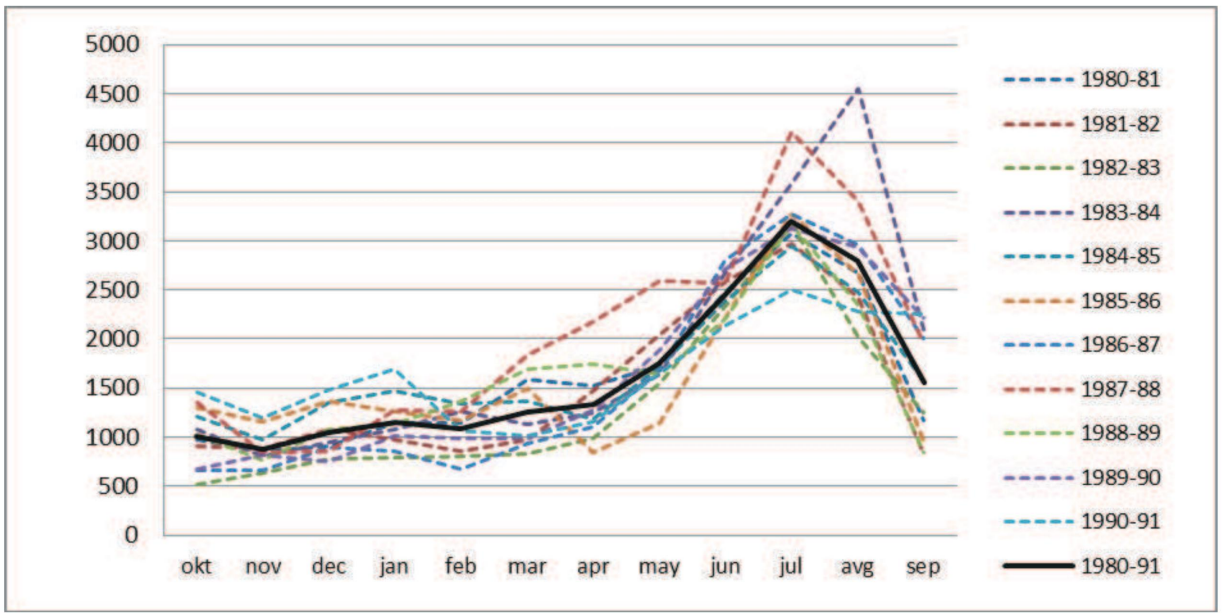


Рис. 84 Попуски воды из Нурекского г/у за 1980-1991 гг., млн.м^3/мес

Эффективность регулирования стока Нурекским гидроузлом может быть оценена:

- Режимом наполнения Нурекского водохранилища, объемами притока и попусков воды в вегетационный и осеннее-зимний периоды, холостыми сбросами ГЭС.
- Количеством выработанной электроэнергией на ГЭС в осеннее-зимний период и дефицитом электроэнергии в этот период; количеством выработанной электроэнергией на ГЭС в вегетационный период и избытками электроэнергии; потерями электроэнергии на холостых сбросах

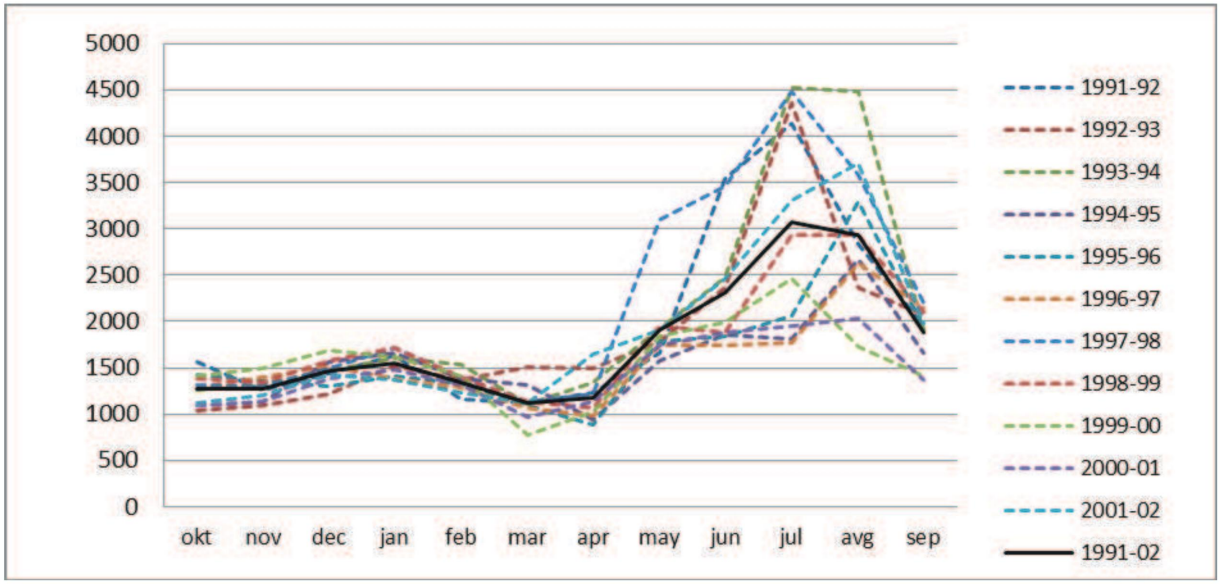


Рис. 85 Попуски воды из Нурекского г/у за 1991-2002 гг, млн. м^3/мес

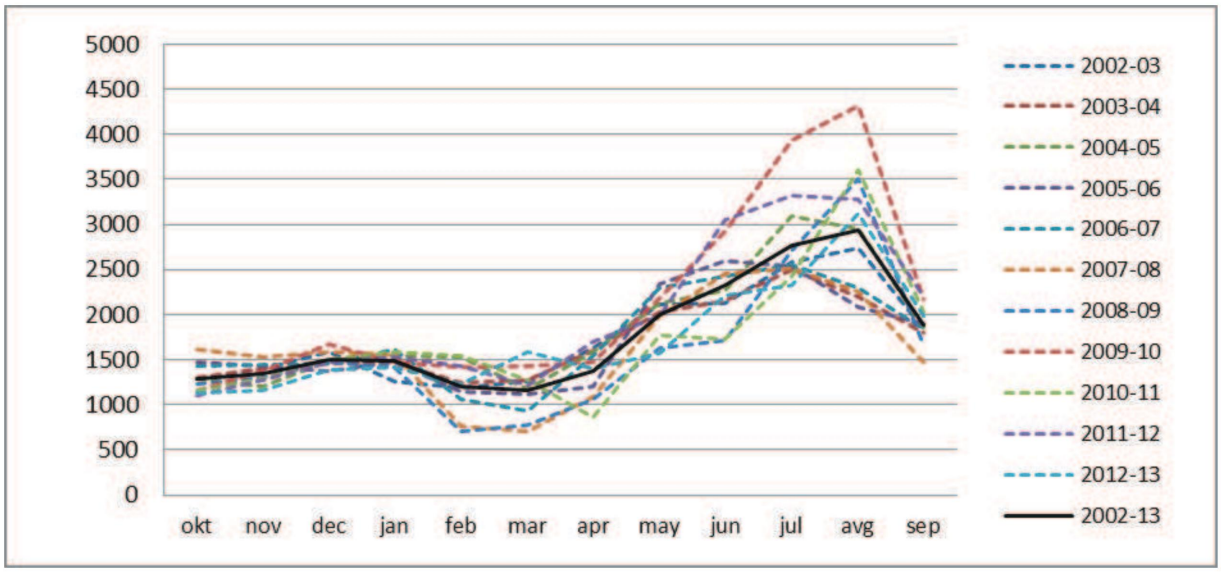


Рис. 86 Попуски воды из Нурекского г/у за 2002-2013 гг, млн. м^3/мес

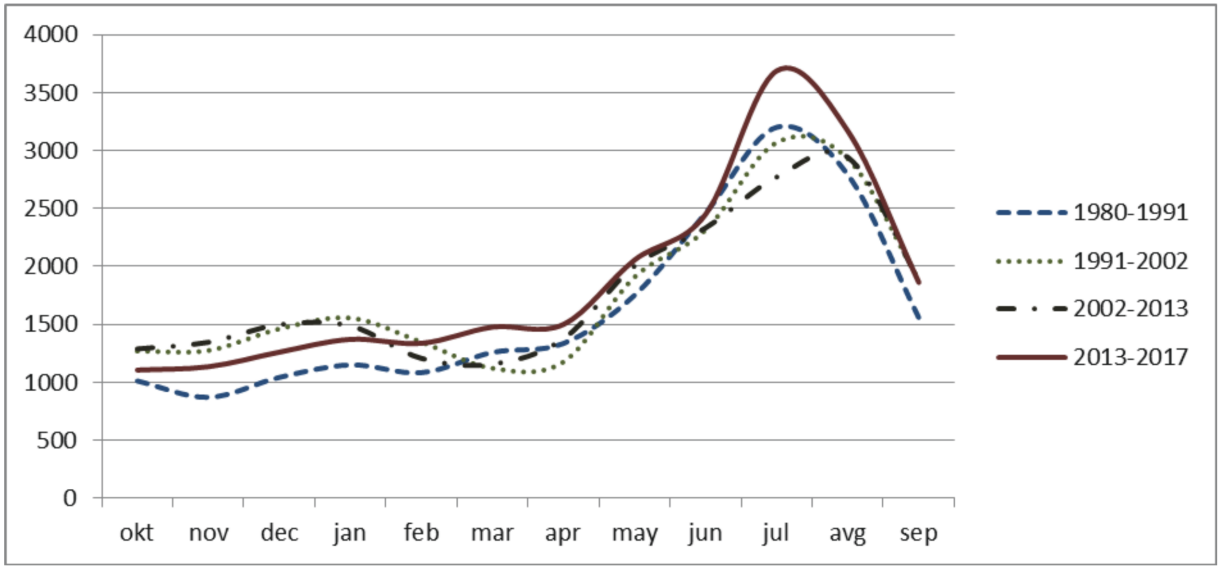


Рис. 87 Сравнение графиков подачи воды в н/б Нурекского г/у за отдельные периоды его эксплуатации, млн. м^3/мес

Сравнение по декадам прогнозируемых (Узгидромет) и фактических объемов притока воды к Нурекскому водохранилищу, а также плановых (по графику БВО « Амударья») и фактических попусков показывает, что наблюдаются отклонения прогноза (плана) от факта. Динамика отклонений хорошо видна на интегральных кривых (суммирование в нарастающем итоге) декадных отклонений фактических значений попуска от планируемых по сезонам, - если к концу периода октябрь – март интегральная кривая выходит на отрицательные значения отклонений, что говорит об ошибках планирования в сторону превышения попусков (план выше факта), то за периода апрель – сентябрь интегральная кривая все время повышается и выходит к концу периода на положительное значение, что говорит об ошибках планирования в сторону занижения попусков (план ниже факта); ошибки в планировании попусков из Нурекского гидроузла являются следствием, прежде всего, ошибок в прогнозировании притока воды к Нурекскому водохранилищу.

Если проследить динамику наполнения Нурекского водохранилища с 1992 года по 2015 год, то можно отметить следующее. Водохранилище практически каждый год наполняется на максимальный объем (10.5 км3) и срабатывается к началу апреля, но на разный объем. Таким образом, если оценивать регулирование стока по дате на 1 август – водохранилище работает в сезонном режиме, но если по дате на 1 апреля – в сезонном (годовом) и частично в многолетнем. О величинах годовых объемах регулирования можно проследить на рисунке – видно, что наблюдались года, когда водохранилище наполнялось (происходило изъятие объемов воды из реки Вахш) и когда водохранилище срабатывалось (происходило добавление воды из водохранилища в реку Вахш). Сравнивая объемы многолетнего регулирования стока в Нурекском водохранилище с притоком воды в водохранилище (водностью реки Вахш) наблюдаем следующую картину: водохранилище может срабатываться за многоводный год и наполняться за маловодный, т.е. происходит неэффективное с точки зрения и орошения и гидроэнергетики управление. Более того, выявлена определенная закономерность: чем больше приток к Нурекскому водохранилищу, тем больше сработка из многолетних запасов Нурекского

водохранилища, а чем меньше приток (и водность Вахша), тем больше наполнение Нурекского водохранилища и дополнительное изъятие стока из реки Вахш.

Ниже на рисунке 88 приводится динамика объемов изъятия стока реки Вахш Нурекским водохранилищем, когда происходит наполнение водохранилища. Наблюдается тренд на увеличение объемов изъятия стока, искажающих естественный режим Вахша за 1991–2015 гг. Максимальный месячный объем изъятия вегетационного стока достигает 2.5 км^3.

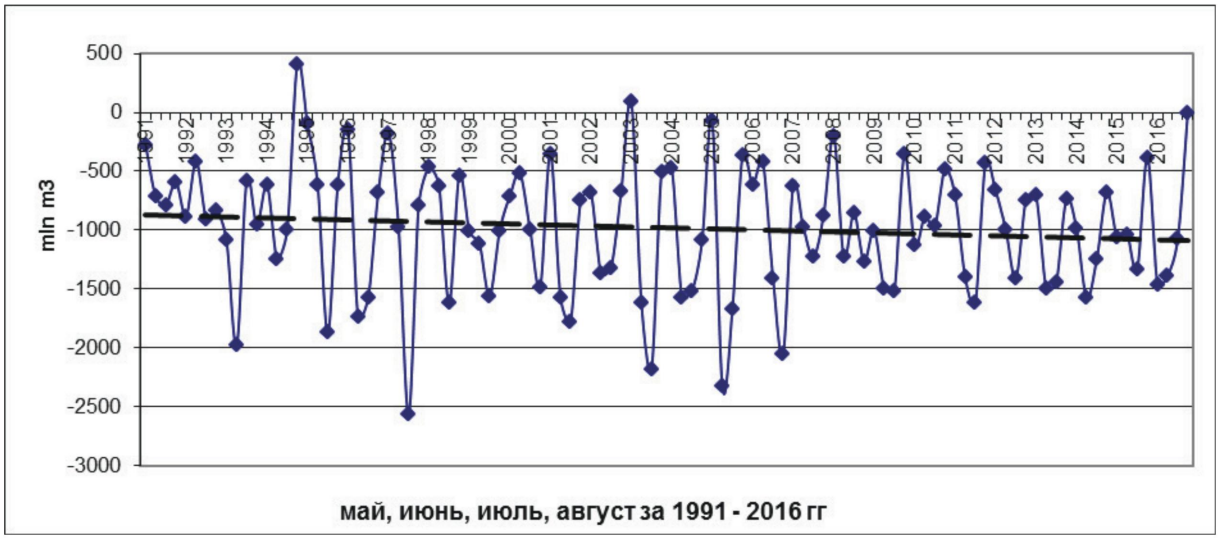


Рис. 88 Тренд изъятия стока (-) реки Вахш в мае-августе при наполнении Нурекского водохранилища, млн. м^3/мес

2.9.4. Рогунский гидроузел

В 2000 году ОАО « Институт Гидропроект», по заказу правительства Таджикистана, выполнило ТЭО Рогунской ГЭС, а в 2006 году компанией « Русал» с участием фирмы Lahmeyer International (Германия) были разработаны варианты строительства гидроузла, а также оценены сроки строительства: для варианта НПУ 1180 м (емкость водохранилища 2780 млн. м^3) в 9 лет и для варианта НПУ 1290 м (емкость водохранилища 13 300 млн. м^3) – в 16 лет. Итальянская компания Salini Impreio, осуществляющая строительство, приняла график строительных работ, предложенный компанией Lahmeyer International. Первая очередь строительства (плотина 145 м, емкость водохранилища 480 млн. м^3, два агрегата) по графику должна быть завершена в 2019 году, полное завершение строительства (плотина 335 м, емкость водохранилища 13 300 млн. м^3, шесть агрегатов, мощность 3600 МВт) – в 2031 году.

Изменение объема и режима стока можно ожидать только после окончания строительства 1-й очереди, при наполнении водохранилища Рогунской ГЭС, не раньше вегетации 2019 года. При распределении наполнения на весь период паводка 2019 года, снижение летних расходов ожидается на 5-7 %.

Таблица 65

Возможные режимы работы Рогунской ГЭС после ввода на проектную мощность (сценарий при высоте плотины Рогунского гидроузла 335 м)

№ сценария и название режима	Регулирование стока реки Вахш	Режим Рогунского вдхр	Режим Нурекского вдхр	Энергетика	Орошение
1. Энергетический	Сезонное. Наполнение водохранилищ в вегетацию, сработка - в межвегетацию	Наполнение в вегетацию, сработка - в межвегетацию	Транзит	Максимальная выработка электроэнергии в зимний период	Максимальный дефицит воды в орошении, с падение водности - увеличивается
2. Энергоирригационный	Сезонное. Приближение к современному режиму в створе Нурекской ГЭС	Транзит	Наполнение в вегетацию, сработка – в межвегетацию	Увеличение выработки электроэнергии в зимний и летний периоды по сравнению с 1990-2016 гг	Дефицит воды в орошении на уровне 1990-2016 годов в зависимости от водности года
3. Ирригационно-энергетический	Многолетнее. Наполнение водохранилищ в вегетацию многоводного года. Сработка – в вегетацию маловодного года	В вегетацию: наполнение (многоводный год) и сработка (маловодный), межвегетацию - транзит	Транзит	Наименьшая выработка электроэнергии в зимний период	Дефицит воды в орошении отсутствует (при минимальных размерах русловых потерь)
4. Пропуск бытового стока	Регулирование отсутствует	Транзит	Транзит	Максимальная выработка электроэнергии в целом за год	Дефициты в особо маловодные годы

2.9.5. Холостые сбросы

Анализ работы Нурекской ГЭС, выполненный Петровым Г.Н (2009) в монографии « Оптимизация режимов работы гидроузлов с водохранилищами», показывает, что холостые сбросы с Нурекского гидроузла в период с 1991 по 2005 гг составили: 2.74 км^3 (1992 год), 1.95 км^3 (1993 год), 4.07 км^3 (1994 год), 0.5 км^3 (1995 год), 1.89 км^3 (1996 год), 1.74 км^3 (1997 год), 2.57 км^3 (1999 год), 0.3 км^3 (2000 год), 3.26 км^3 (2002 год), 0.9 км^3 (2003 год), 0.2 км^3 (2004 год), 1.3 км^3 (2005 год). Автор показывает, что холостые сбросы могут быть исключены при годовом притоке к Нуреку ниже 21 км^3 воды в год.

Выводы, сделанные Г.Н. Петровым, подтверждаются нашими расчетами. Более того, мы можем выделить несколько составляющих холостых сбросов:

- холостые сбросы, вызываемые техническими ограничениями (пропускная способность агрегатов, установленная мощность), - по нашим оценкам за период 2010 – 2019 годов для Нурекской ГЭС они достигали: 530 м3/с (третья декада сентября 2010 г), 283 м3/с (вторая декада августа 2012 г), 725 м3/с (вторая декада июля 2015 г
- холостые сбросы, рассчитанные по избыткам мощности ГЭС (избыток определяется по разнице между расчетной потенциальной выработкой и спросом на электроэнергию).

Ниже на графиках 89-91 показаны примеры суточных режимов работы Нурекской ГЭС за август и сентябрь 2014 года (обработка данных КДЦ « Энергия»): расходы ГЭС, холостые сбросы и потери энергии на холостых сбросах.

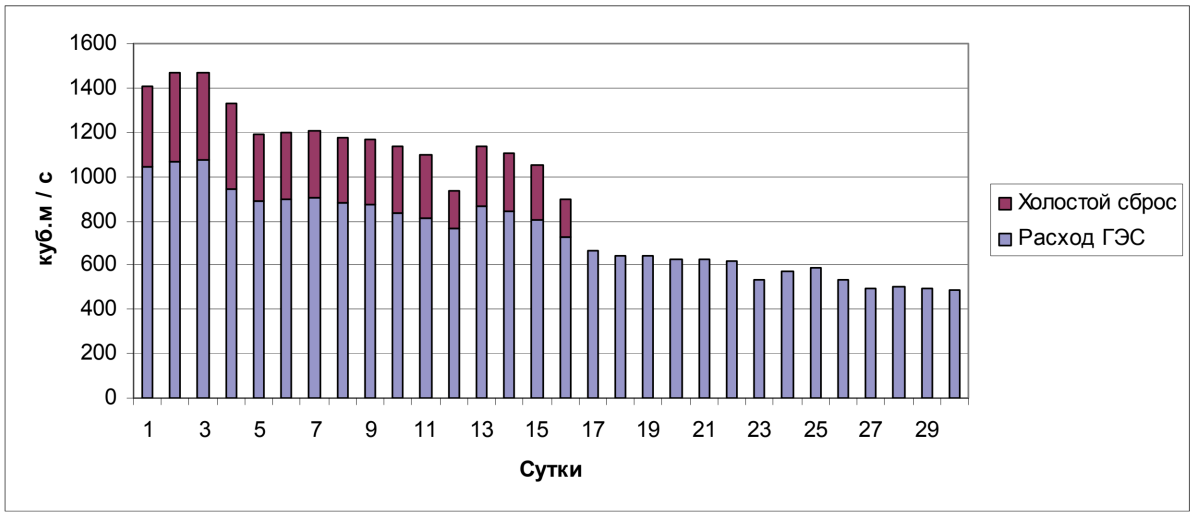


Рис. 89 Расходы воды на Нурекской ГЭС в сентябре 2014 года, м^3/с

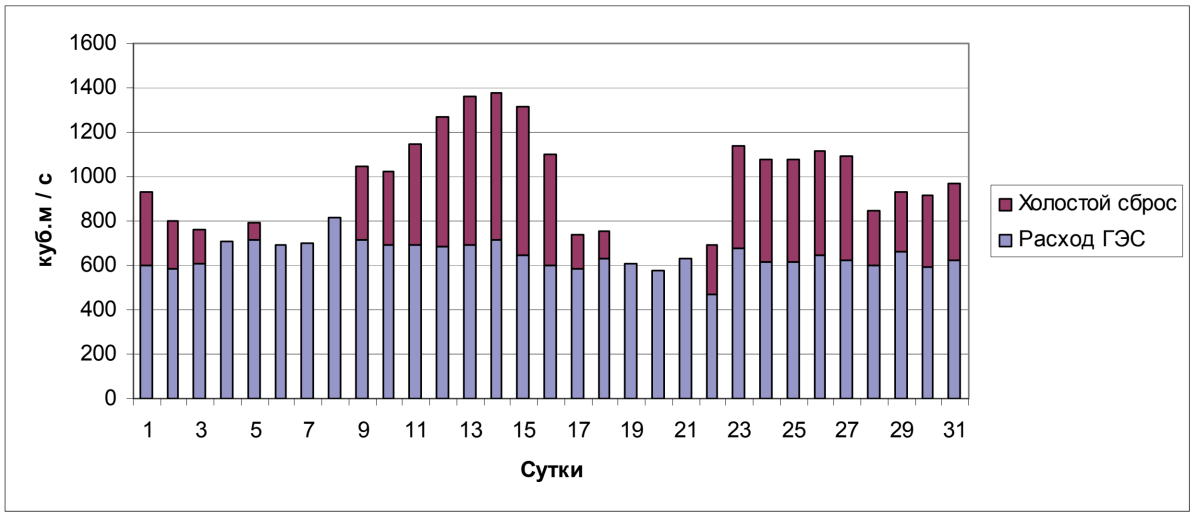


Рис. 90 Расходы воды на Нурекской ГЭС в августе 2014 года, м^3/с

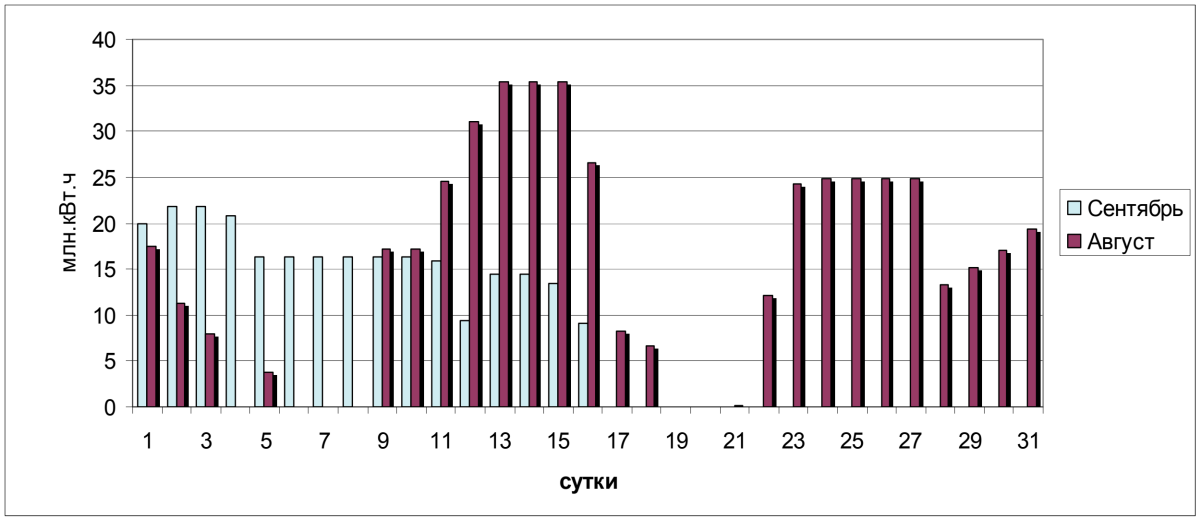


Рис 91 Потери электроэнергии на холостых сбросах Нурекской ГЭС в 2014 году, млн. кВт ч

По оценке НИЦ МКВК, холостые сбросы в вегетационный период на Нурекской ГЭС в 2006-2009 гг. составили в среднем 0.5 км^3; в 2010 году - 1.3, в 2011 - 0.54, в 2012 – 1.0, в 2013-2014 гг. около 0.5, в 2015 - 1.1, в 2016 – 0.7 и в 2017 году – 1.5 км^3. В среднем за последние 10 лет – 0.8 км^3 или 29 % попусков в этот период. В 2010-2017 гг коэффициент, показывающий отношение попусков воды через Нурекскую ГЭС к выработке электроэнергии в среднем составляет (по оценке НИЦ МКВК) 1.69 м^3/кВт.ч. Рассчитанные через этот коэффициент потери на холостых сбросах составляют в среднем за последние 10 лет около 0.5 млрд.кВт.ч, но достигали в отдельные годы 0.9 млрд. кВт.ч (2017 год).

2.9.6. Тюямуюнский гидроузел

Значимость Тюямуюнского гидроузла (ТМГУ) как регулирующего ирригационного комплекса возросло в связи с увеличением дефицитов воды в бассейне и ограниченной способностью Нурекского водохранилища снижать летние дефициты воды в среднем и тем более нижнем течениях. ТМГУ – это комплекс гидротехнических сооружений комплексного назначения (ирригация, хозпитьевое водоснабжение, энергетика), является замыкающим в Вахшско-Амударьинском каскаде; в его состав входят: Русловое и три наливных емкости (Русловое водохранилище имеете полный проектный объем 2.34, Капарас – 0.96, Султансанджар – 2.69 и Кошбулак – 1.81 км^3), ГЭС с установленной мощностью 150 тыс.кВт (6 агрегатов по 25 тыс.кВт каждый) и среднемноголетний выработкой 480 млн.кВт.ч.

Основными функциями ТМГУ являются: i) внутригодовое (сезонное) трансформирование гидрографа притока к гидроузлу в интересах ирригации по требованиям оросительных систем низовий - Хорезма, Каракалпакистана (Узбекистан), Дашховуза (Туркменистан); ii) аккумулирование слабоминерализованной воды в Капарасе с целью дальнейшего ее использования для нужд питьевого водоснабжения низовий (по водоводам Тюямуюн-Ургенч, Тюямуюн-Нукус); iii) регулирование паводков.

Особенностью режима эксплуатации Тюямуюнского гидроузла является наличие достаточно четко выраженных двух тактов работы водохранилища: промывные поливы (январь - март), вегетационные поливы (май - август). В маловодные годы во втором такте работы Руслового водохранилища ТМГУ создаются условия смыва отложившихся наносов и подачи в нижний бьеф мутной воды. Динамику объемов воды от Нурекского до Тюямуюнского гидроузла в маловодные годы и объемы воды в водохранилищах можно проследить на рисунках 92 и 93.

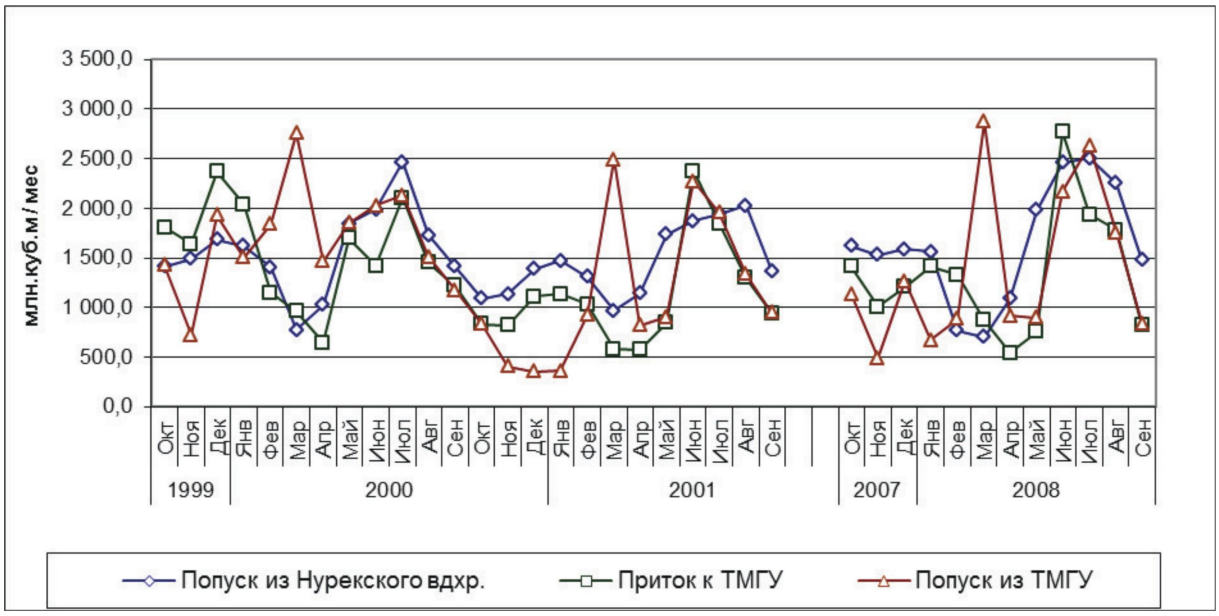


Рис 92 Попуски из Нурекского и Туямуюнского водохранилищ в маловодные годы

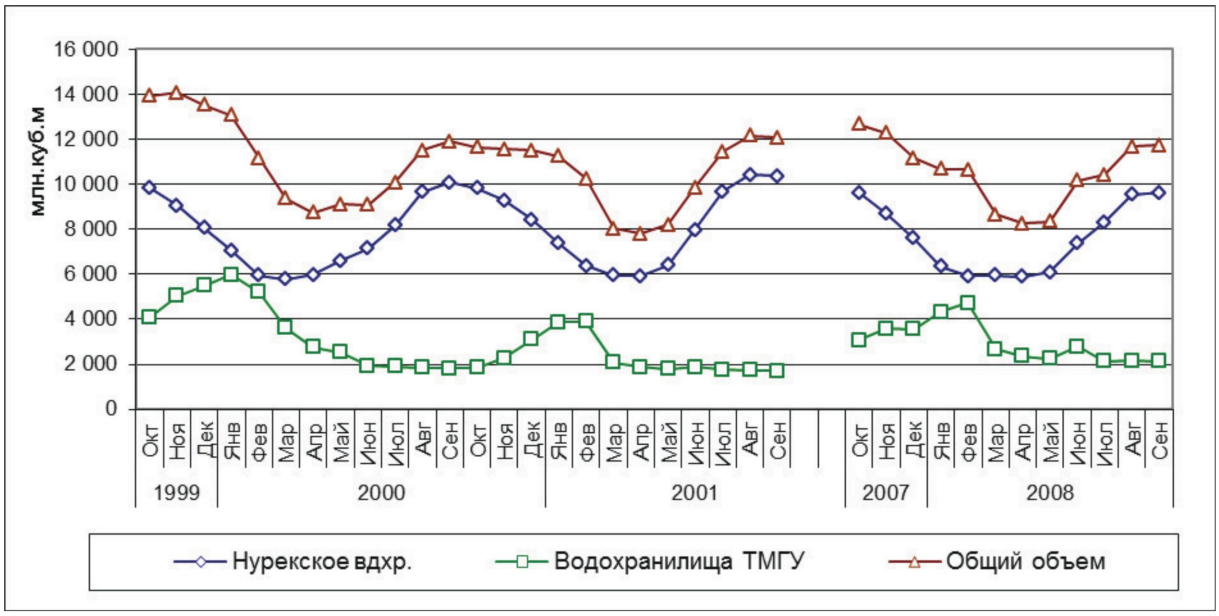


Рис 93 Объемы воды в водохранилищах Нурекской ГЭС и ТМГУ в маловодные годы

2.9.7. Внутрисистемные водохранилища

В проекте PEER исследованию подлежали внутрисистемные водохранилища, расположенные на каналах зон планирования. Выделены: внутрисистемные водохранилища верхнего течения Амударьи - Таджикистана и Сурхандарьинского бассейна (Республика Узбекистан), внутрисистемные водохранилища среднего течения Амударьи – зона Гарагумдарьи – Лебапская, Марыйская и Ахалская зоны планирования (Зеидское, Хаузханское, Копетдагское, Мадлусское и др.), водохранилища Каршинского канала и Каршинской зоны планирования (Талимарджанское, Шорсайское), водохранилища Амубухарского магистрального канала (Учкызылское).

Зеидское водохранилище расположено в головной части Гарагумдарьи (Каракумского канала), имеет полезную емкость в 2 км^3. Водохранилище построено с целью покрытия дефицита стока по зоне Гарагумдарьи, в основном, в период осенне-зимних промывных поливов. Кроме того, предполагалось, что пропуск стока через водохранилище осветлит воду Каракумского канала, а это, в свою очередь, обеспечит ежегодную экономию эксплуатационных затрат по очистке наносов. Потери на испарение при полном заполнении водохранилища составляют 800 млн.м^3.

Учкызылское водохранилище - расположено в нижнем течении реки Сурхандарья, наливное, сезонного ирригационного регулирования, полный объём - 160 млн.м^3, полезный - 80 млн.м^3. Наполняется из Магистрального канала Занг, берущего начало из Зангского гидроузла на реке Сурхандарья. Водохранилище служит для аккумулирования осенне-зимнего стока реки Сурхандарьи в целях повышения водообеспеченности земель южной зоны. После строительства Машиного канала Аму-Занг, обеспечивающего подачу амударьинской воды в верхний бьеф Зангского гидроузла, в Учкызылское водохранилище стала поступать вода из Амударьи.

Талимарджанское водохранилище - наливное водохранилище сезонного регулирования стока, полной ёмкостью 1,53 км^3, полезной 1,4 км^3; расположено на стыке головной (машинный канал) и рабочей (самотечный канал) частей Каршинского магист-

рального канала (КМК). По проекту водохранилище должно аккумулировать амударьинскую воду, подаваемую по каскаду насосных станций в осенне-зимний период и подпитывать рабочую часть КМК в период вегетационных поливов. Испаряемость с водной поверхности водохранилища - 1300 мм/год, объём испарения (при средней площади зеркала) составляет 68 млн.м^3/год. Фактический режим работы Талимарджанского водохранилища несколько отличается от проектного. Минимальный объем воды в водохранилище наблюдается в конце августа. Наполнение начинается с сентября и продолжается до начала или середины марта, когда накапливается максимальный объем воды в водохранилище. Срабатывается водохранилище в марте - апреле и июне - августе.

Куюмазарское водохранилище - наливное внутрисистемное водохранилище сезонного ирригационного регулирования стока низовий реки Зеравшан; полная ёмкость - 350 млн.м^3, полезный объём - 300 млн.м^3; объём испарения (при средней площади зеркала поверхности водохранилища) составляет 24 млн.м^3/год. Водохранилище наполняется водами Зеравшана по подводящему каналу и водами Амударьи по Амубухарскому каналу (АБК). Водохранилище наполняется с сентября до мая месяца, а срабатываться с декабря по март и с апреля по сентябрь. При этом, по АБК вода подается в сентябре - ноябре, январе и марте-мае.

Опыт эксплуатации внутрисистемных водохранилищ показывает, что величины фактических объемов регулирования в водохранилищах не являются постоянными и зависят от водности. Для сезонов повышенной водности характерно опережение по срокам утвержденных режимов наполнения водохранилищ, для маловодных – снижение объемов наполнения.

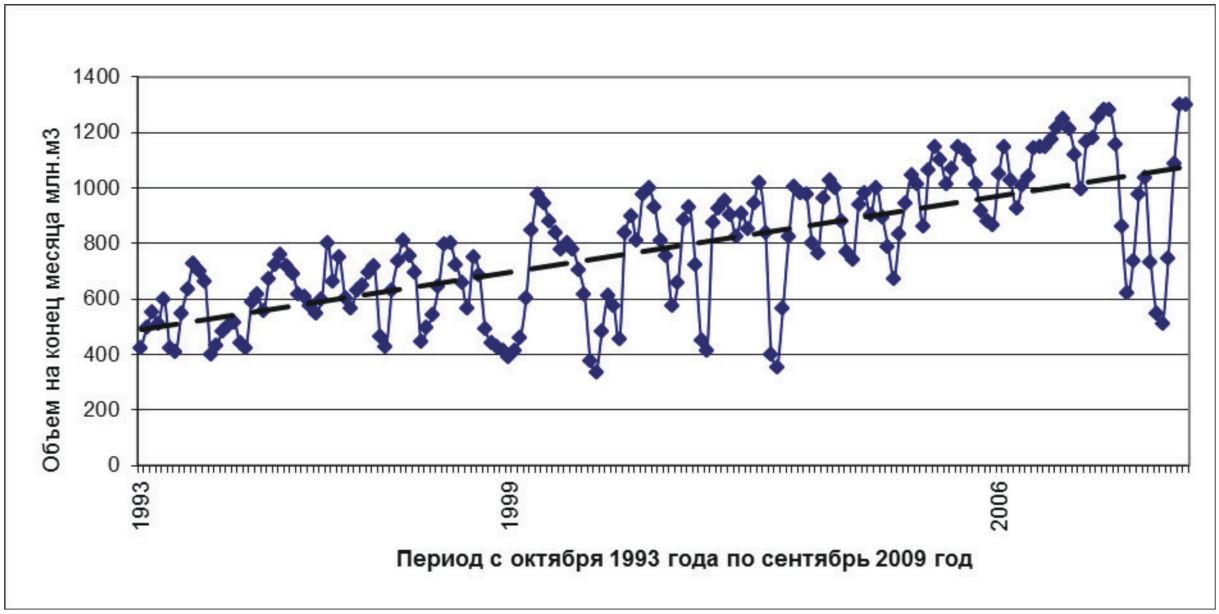


Рис. 94. Динамика объемов воды в Зеидском водохранилище

Туркменские водохранилища зоны Гарагумдарьи (рис 95) наполняются с октября-ноября до февраля-марта месяца. Водохранилища зоны Каршинского канала (рис. 95) наполняются, главным образом, с ноября-декабря до марта (на этом фоне существуют небольшие объемы наполнения в сентябре-октябре и в мае-июне). Водохранилища зоны Амубухарского канала (рис 96) наполняются с сентября-октября до марта.

Таком режиму способствуют повышенные попуски из Нурекского водохранилища, осуществляемые в сентябре-апреле.

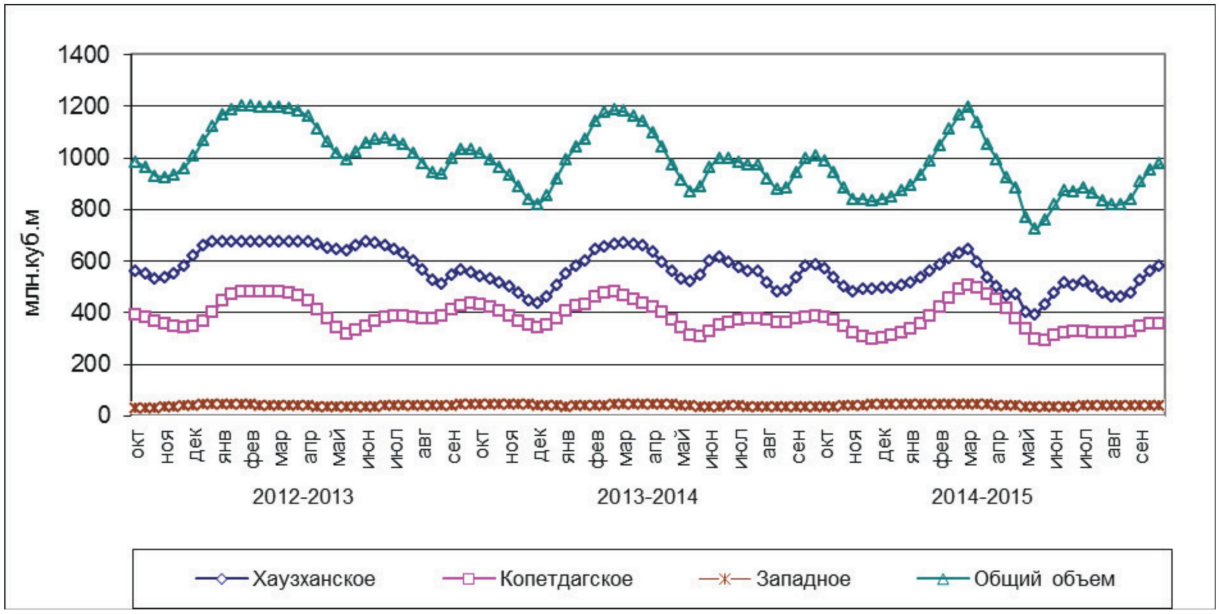


Рис. 95 Объем воды в водохранилищах Туркменистана: зона Гарагумдарьи

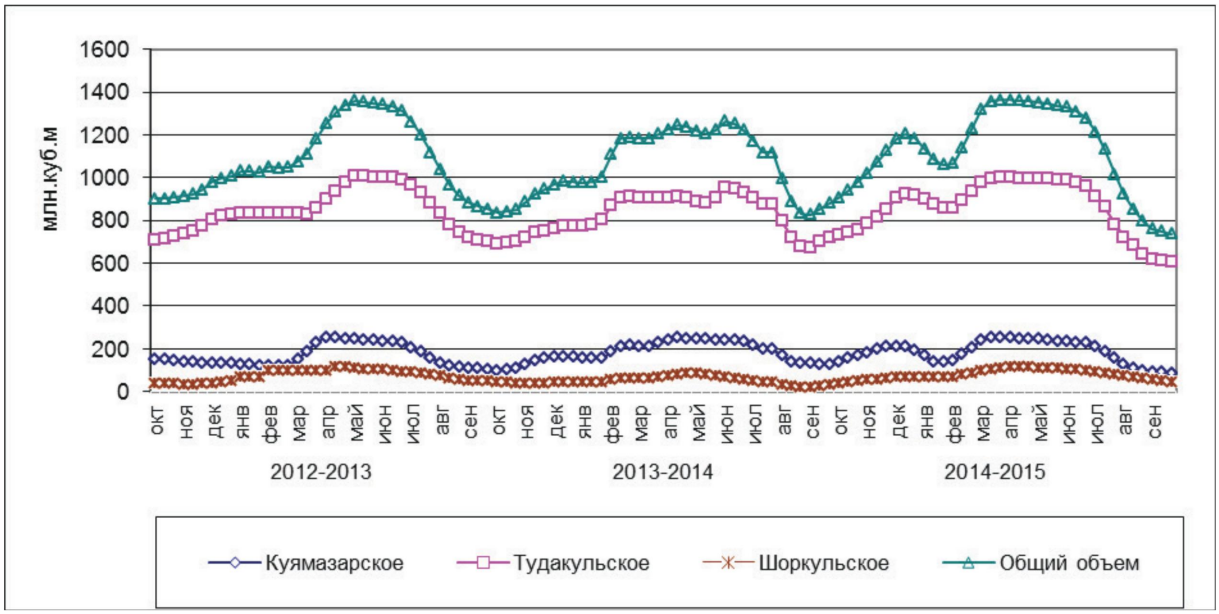


Рис. 96 Объем воды в водохранилищах Узбекистана: зона АБМК

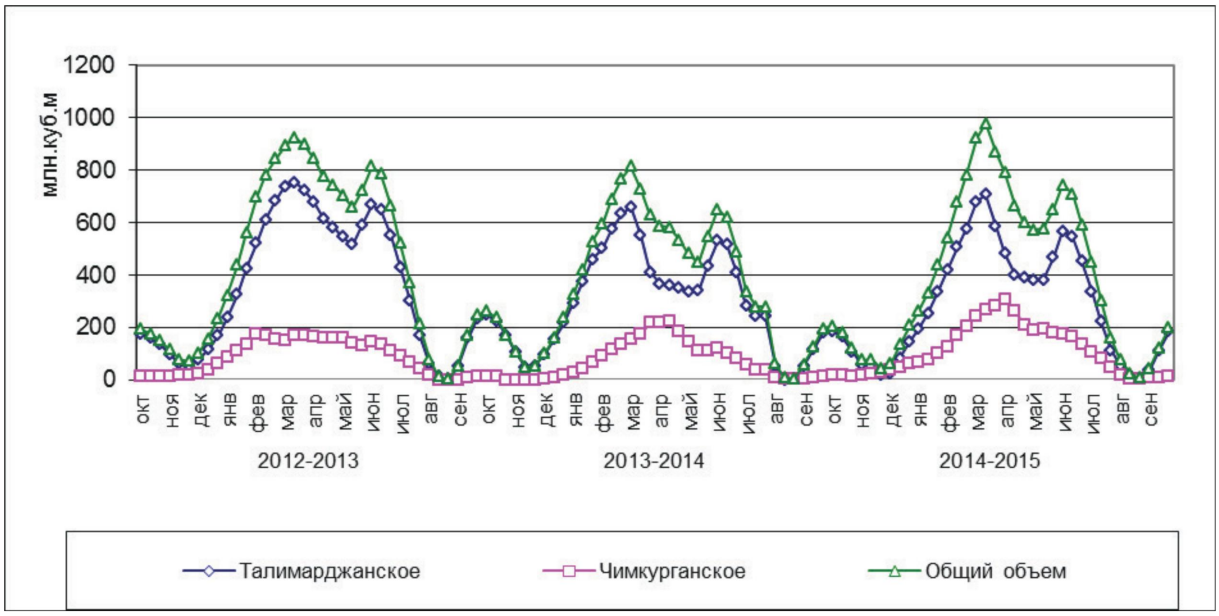


Рис. 97 Объем воды в водохранилищах Узбекистана: зона КМК

2.9.8. Оценка заиления водохранилищ

Заиление водохранилищ – это сокращение аккумулирующих емкостей и потеря их регулирующих способностей.

В настоящее время объем заиления Руслового водохранилища ТМГУ оценивается в 1.2-1.5 км^3 и зависит от режима работы водохранилища, предполагающего его наполнение, интенсивную сработку и промывку емкости. Опыт эксплуатации водохранилищных гидроузлов показывает, что величины объемов регулирования в водохранилищах не являются постоянными и зависят от водности и конкретных для каждого года технических ограничений по наполнению и сработке водохранилищ. Объем заиления Руслового водохранилища меняется из года в год, и в периоды промывки уменьшается, то есть существует некоторая возможность управления процессами заиления и транспортом наносов гидроузла. Режим работ водохранилищ ТМГУ должен обеспечивать по возможности минимальные потери и заиление русловой емкости. 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.

Для расчета заиления водохранилищ на перспективу можно применить метод баланса потока наносов на участке реки, где расположено водохранилища. Существуют различные формулы для расчета транспорта наносов (взвешенных, донных) в реках и водохранилищах. Для условий малого бассейна Амударьи рекомендуются методы Алтунина С. и Бузунова И. [Алтунин С.Т. Водозаборные узлы и водохранилища. Москва, Колос, 1964, 431 с.], Шамова Г. [Указания по расчету заиления водохранилищ при строительном проектировании. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1973, 54 с.], Лапшенкова В. [Лапшенков В.С. Проектирование русловых деформаций в бъефах речных гидроузлов. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1979, 238 с.], Скрыльникова И. [Скрыльников В, Ке-

берле С, Белесков Б. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ, Ташкент, Мехнат, 1987, 242 с.]. Часто в основные методы включаются эмпирические элементы. Для водохранилищ существует опыт использования коэффициента осветления воды, иначе – изменения (перехода) мутности. Физический смысл коэффициента осветления следующий:

$$\mathbf{P = (tin – tout) / tin} \qquad \mathbf{(1)}$$

где P - коэффициента осветления, tin - мутность воды на входе в водохранилище, tout - тоже на выходе. Размерность t г/л или кг/м^3.

Коэффициент P определяется по различным гипотезам, например, в зависимости от отношения полезного объема водохранилища (Vres) к объему притока воды в водохранилище (Wriv), то есть:

$$\mathbf{P = P(Vres / Wriv)} \qquad \mathbf{(2)}$$

В середине 50-х годов Бруне Г, исследуя 44 водохранилища в мире, построил данную зависимость (кривые) [Скрыльников В, Кеберле С, Белесков Б. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ, Ташкент, Мехнат, 1987, 242 с.]. Кривые Бруно (они отличаются по размеру наносов) были рекомендованы для оценки заиления водохранилищ Комитетом по заилению водохранилищ Международной комиссии по большим плотинам. Кривые Бруно не плохо характеризуют процессы, происходящие в Нурекском водохранилище [Шерман С.С, Рафиков В.А. Заиление Нурекского водохранилища. Гидротехническое строительство. № 3, Москва, Энергоатомиздат, 1990, с. 59-62.], но совершенно не пригодны для оценки заиления руслового водохранилища Тюямуюнского гидроузла [Скрыльников В, Кеберле С, Белесков Б. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ, Ташкент, Мехнат, 1987, 242 с.]. В конце 1980-х годов в САНИИРИ была построена следующая кривая для руслового водохранилища Тюямуюнского гидроузла [Зубарев С.Л., Савицкий А.Г., Сорокин А.Г., Тихонова О.Н. Оперативное и перспективное управление стоком р.Амударьи в Тюямуюнском гидроузле. Проблема Арала и Приаралья. Ташкент, САНИИРИ, 1991, с. 114-122.]:

$$\mathbf{P = (a + (H - Hmin) n) / (b + (H - Hmin) n)} \qquad \mathbf{(3)}$$

где H – текущая отметка уровня воды в водохранилище, Hmin - минимальная отметка, близкая к отметке дна водохранилища у плотины, a, b, n – эмпирические параметры.

Важно отметить следующее. Кривая P(H, Hmin) была исследована в начале 90-х годов для использования при прогнозировании заиления руслового водохранилища Бузуновым Г. в Научно-техническом центре « Тоза Дарье». Для расчета мутности воды в реке Амударья и характеристик нагрузки потока могут быть использованы формулы Гостунского А., Россинского К. и САНИИРИ.

В таблице 65 приводится оценка заиления Рогунского, Нурекского водохранилищ и Руслового водохранилища ТМГУ на перспективу, полученных в рамках исследований по проекту Джайхун INCO-CT-2005-516761 - Управление рисками межгосударственных водных ресурсов: навстречу устойчивому будущему для Аралького бас-

сейна (Джайхун - старинное название реки Амударьи). Расчет заиления водохранилищ (сокращения аккумулирующих емкостей) выполнен по методу баланса потока наносов, с использованием эмпирического коэффициента осветления воды (перехода мутности). Для Нурекского и Рогунского водохранилищ были использованы кривые Бруне Г, адаптированные к местным условиям, а для Руслового водохранилища ТМГУ – зависимости НТЦ « Тоза Дарье».

Таблица 66

Оценка заиления водохранилищ бассейна Амударьи, км^3

Водохранилища	2015 год	2035 год	2055 год
Нурекское	2.5	2.8	3.0
Русловое ТМГУ (при режиме, предусматривающем промывки)	1.5	1.5	1.5
Рогунское	0	0.8	2.5
Всего	4.0	5.1	7.5

В начале 90-х годов (по данным проекта Джайхун INCO-CT-2005-516761) объем заиления Нурекского водохранилища оценивался в 1.8-1.9 км^3, в 2000 году – 2.2 км^3, к 2015 году (расчет) – 2.5 км^3. Ожидается, что после 2020 года (при реализации проекта строительства Рогунского гидроузла) заиление Нурекского водохранилища будет сокращаться, поскольку часть наносов будет задерживаться в створе Рогунского гидроузла. Суммарная потеря регулирующей емкости трех водохранилищ к 2055 году оценивается в 7.5 км^3.

2.9.9. Исследование альтернативных режимов регулирования стока

Водная стратегия региона на отдаленную перспективу должна определить механизмы и критерии распределения воды в увязке с стратегиями развития стран в гидроэнергетическом и аграрном секторах. В этой связи особое значение приобретает исследование сценариев работы ГЭС Вахшского каскада, в частности Нурекской ГЭС.

Основным документом, согласно которому планируется и осуществляется сегодня развитие Таджикистана, является Национальная Стратегия Развития на 2010–2015 гг. Энергетика в национальной стратегии рассматривается в качестве важного компонента ВВП. Таджикистан определил три основные цели в развитии энергетики [РЭЦЦА, 2015]:

- Доступность электроэнергии (обеспечение постоянной электроэнергией населения),
- Энергетическая эффективность (снижение потерь электроэнергии),
- Продвижение возобновляемых источников электроэнергии (увеличение производства).

Из существующих программ Республики Таджикистан, включающих развитие гидроэнергетического подсектора на перспективу, следует выделить:

- Программу реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 гг (утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 декабря 2015 годы, № 791),
- Государственную Программу Охраны Окружающей Среды до 2020 года,
- Государственную программу по строительству малых ГЭС до 2020 года.

Подсектор гидроэнергетика в Программе водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 гг рассматривается в контексте энергоснабжения всех отраслей экономики. Республикой Таджикистан в рамках реформы подсектора намечены задачи:

- Ликвидация зимнего дефицита электроэнергии,
- Снижение потерь электроэнергии,
- Сбалансирование производства электроэнергии с потребностями орошения.

В Стратегии водного сектора Таджикистана отмечается, что сегодня образовался устойчивый летний избыток гидроэлектроэнергии в объеме 1.5 млрд кВт.ч, который не находит сегодня спроса на внутреннем и внешнем рынках; из-за дефицита электроэнергии в зимний период (3-3.5 млрд кВт.ч) в Таджикистане зимой вводятся ограничения на потребление электроэнергии. Исходя из этого ставится задача: развитие гидроэнергетики должно полностью обеспечить собственные потребности и увеличить возможности экспорта электроэнергии (до 12 млрд кВт.ч в 2015-2020 гг, включая 2-2.5 млрд кВт.ч в летний период).

Анализ имеющихся национальных документов, обзоров и исследований международных организаций показывает, что существующий дефицит электроэнергии в Таджикистане (вызываемый высоким спросом и недостаточным количеством поставок) до 2020 года предполагается снижать улучшением баланса спроса-предложения следующими мерами:

- Снижением спроса на электроэнергию - достигается инвестициями в энергоэффективность потребителя (жилой фонд, промышленность), тарифной политикой (разумным увеличением тарифов), переходом на альтернативные виды топлива,
- Увеличением объемов выработки электроэнергии - достигается модернизацией существующих гидроэнергетических объектов, реализацией проектов по тепловым электростанциям, строительством малых ГЭС,
- Увеличением объемов импорта и экспорта электроэнергии - достигается реализацией, прежде всего, экспортных возможностей Таджикистана (проект CASA-1000 и др.)

Среди намечаемых мер энергосбережения и ликвидации дефицита электроэнергии следует выделить: повышение тарифа на электроэнергию, снижение потерь при транспортировке электроэнергии, переход на альтернативные виды топлива и др. – все

это позволит к 2020 году, по оценке Всемирного Банка [Daryl Fields и др., 2013], снизить спрос на зимнюю электроэнергию на 3250 ГВт.ч (дополнение к существующей мощности 1108 МВт). Данными мерами существующий дефицит зимней электроэнергии (порядка 2700 ГВт.ч, 2012 год) покрывается полностью.

Таким образом, в перспективе могут возникнуть ситуации, обусловленные перерегулированием современного режима Нурекской ГЭС с целью: i) оптимизация зимних потребностей Таджикистана в электроэнергии - может привести к снижению летних попусков воды из водохранилища, ii) минимизации холостых сбросов – приведет к перераспределению летних попусков, iii) дополнительной выработки электроэнергии в летний период, направляемой на экспорт - приведет к росту летних попусков.

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 Таджикистану) на зимнюю электроэнергию; такая схема обмена электроэнергией осложнит ситуацию в бассейне Сырдарьи – летние попуски из Токтогульской ГЭС снизятся, а зимние увеличатся, что приведет к еще большему летнему дефициту в Ферганской долине и среднем течении Сырдарьи, а также к осложнению паводковой ситуации в осеннее - зимнем сезоне.

2.9.10. Результаты численных экспериментов

Расчеты по режимам работы Вахшского каскада ГЭС были выполнены с помощью двух программ, реализующих гидроэнергетическую модель.

Учитывая будущие потребности в электроэнергии Таджикистана, включающие возможный экспорт, для численных экспериментов определены следующие режимы Нурекской ГЭС: i) фактический режим, характерный для периода 2010-2015 гг, с возможными вариантами водности; ii) расчетный энергетический режим - максимизация осенне-зимней выработки; iii) расчетный энерго-ирригационный режим - максимизация годовой выработки, с дополнительной выработкой в летний период (предусматривается экспорт летней электроэнергии).

Энергетический и гидроэнергетический сценарии работы Нурекской ГЭС в численных экспериментах сочетаются с двумя сценариями водности реки Нарын, которые учитывают и не учитывают влияние климата (по сценарию REMO 0406).

При построении гидрологических рядов водных ресурсов бассейна Амударьи (включая приток к Нурекскому гидроузлу) в проекте PEER мы придерживаемся концепции цикличности колебаний природных процессов, которая рассматривается не как простое периодическое повторение наблюдаемых явлений, а как поступательное развитие, учитывающее климатические влияние.

$$Wt = kc \times WNt, \;\; t = 1, (1 + dt) \tag{4}$$

Где: Wt - прогностический гидрологический ряд стока реки, учитывающий климатическое влияние, WNt - естественный гидрологический ряд стока реки, выбранный из ретро-данных, dt - период прогноза, kc – коэффициент, учитывающий влияние климатических факторов (как отклонений от нормы).

Таким образом, были смоделированы и построены 4 случая (варианта) сочетания сценариев:

- Вариант 1. Работа Нурекской ГЭС в энергетическом режиме, приток к водохранилищу по сценарию продолжения цикличности, без учета влияния климата,
- Вариант 2. Работа Нурекской ГЭС в энерго-ирригационном режиме, приток к водохранилищу по сценарию продолжения цикличности, без учета влияния климата,
- Вариант 3. Работа Нурекской ГЭС в энергетическом режиме, приток к водохранилищу по сценарию продолжения цикличности, с учетом влияния климата,
- Вариант 4. Работа Нурекской ГЭС в энерго-ирригационном режиме, приток к водохранилищу по сценарию продолжения цикличности, с учетом влияния климата.

Оценка климатического влияния определялась сравнением варианта 1 и 3 по притоку к Нурекской ГЭС. Оценка регулирования стока определялась сравнением: варианта 1 и 2 (в условиях естественной цикличности), 3 и 4 (в условиях влияния климата) по попуску из Нурекской ГЭС.

Построение режимов работы водохранилищ заключается в выборе режима

$$\mathbf{U\ k,t\ k = 1, R\ t = 1, T} \tag{5}$$

который удовлетворяет цели планирования

$$\mathbf{F \rightarrow max} \tag{6}$$

и системе ограничений

G i, t = 0, i = 1, n - балансовые уравнения, определяющие взаимосвязь объемов воды в вдхр., притока и попусков

P j, t > 0, j = 1, m - допустимые объёмы водохранилищ, допустимые расходы попусков из водохранилищ, ГЭС,

где: k, R - индекс и количество водохранилищ,

i, j, n, m - индексы и количество ограничений,

t, T - временной шаг и период расчета,

U - зарегулированный сток,

F - целевая функция, выбор которой зависит от принятого сценария (режима ГЭС)

На рис. 98 показаны кривые объемов воды в Нурекском водохранилище, характеризующие различные режимы работы ГЭС. Первые два режима – расчетные, полученные осреднением данных за 2020-2055 гг, это - энергетический (Energy) и энерго-ирригационный (Energy-Irrigation) режимы, - результат оптимизации на GAMS-модели по критериям (целевым функциям): максимизации выработки за осенне-зимний период (Energy) и максимизации выработки за год (Energy-Irrigation). Два остальных режима – осреднение фактических данных за 1980-1991 и 1991-2017 гг.

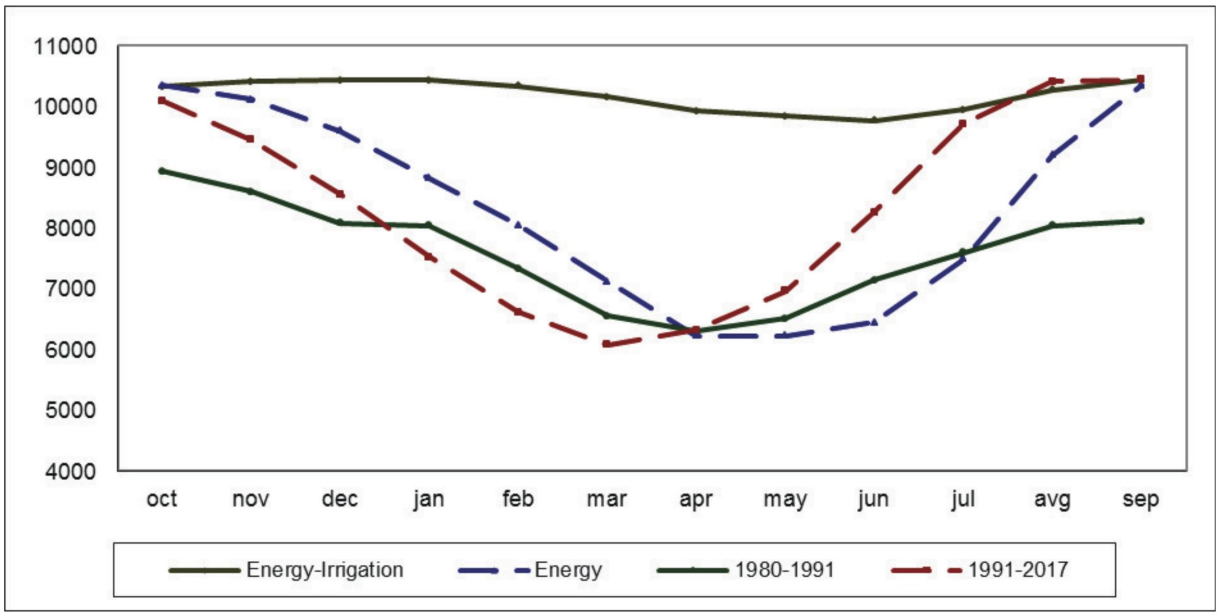


Рис. 98 Объемы воды в Нурекском водохранилище при различных режимах работы гидроузла, млн.куб.м: i) альтернативные сценарии - энергетический режим (Energy), энерго-ирригационный (Energy-Irrigation) – осреднение за 2020-2055 гг, ii) фактические – осреднение за 1980-1991 гг и 1991-2017 гг.

Анализ кривых показывает, что в расчетном энергетическом режиме (Energy) наблюдается более позднее наполнение водохранилища, чем в фактическом режиме 1991-2017 гг, - оптимизация указывает на смещение начала наполнения с мая на июль месяц, за счет чего ликвидируются холостые сбросы и вырабатывается большее количество электроэнергии. При энерго-ирригационном режиме (Energy-Irrigation) напор ГЭС максимально поддерживается на наибольшей отметке.

2.9.11. Работа Нурекского гидроузла в условиях сохранения существующего климата

На рисунке 99 приводятся графики попусков воды из Нурекского г/у для двух альтернатив: энергетический режим (вариант 1) и энерго-ирригационный (вариант 2 сочетания сценариев). Для сравнения приводятся кривые за 1980-1991 г и 1991-2017 гг (осреднение).

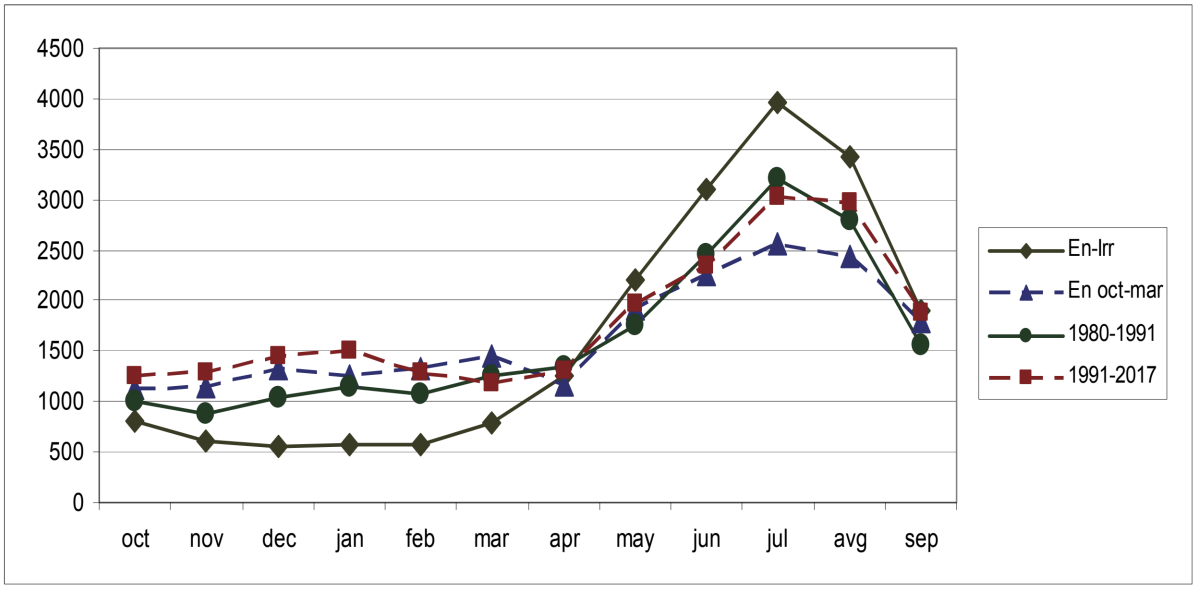


Рис. 99 Графики попусков воды из Нурекского г/у: энерго-ирригационный режим, энергетический (осреднение за 2020-2055 годы), средние значения за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Приток к г/у – по сценарию продолжения существующих циклов, без учета климатического влияния

Анализ кривых показывает, что расчетная кривая энергетического режима (полученная осреднением результатов оптимизации на гидроэнергетической GAMS-модели) в сентябре-апреле месяцах близка к фактическим попускам периода 1991-2017 гг; в мае-августе расчетная кривая ниже фактических значений периода 1991-2017 гг, что указывает на рост дефицита в случае перехода работы ГЭС на энергетический режим, максимизирующий выработку электроэнергии в в период с октября до марта.

На рисунках 100-103 приводятся расчетные кривые сезонных попусков из Нурекского г/у, полученные расчетным путем (оптимизация на GAMS-модели) на период с 2020 по 2055 гг для альтернативных режимов работы ГЭС (варианты 1 и 2).

Для варианта 1 (энергетический режим) средний попуск из Нурекского г/у за 2020-2055 гг в вегетацию оценивается в 12.12 км^3, с « провалами» в отдельные сезоны до 8,94 км^3 (2039 г), 8,65 км^3 (2043 г), 8,7 км^3 (2046 г), т.е на 34-36 % ниже среднего уровня вегетационных попусков в 1991-2017 гг. В межвегетацию средний попуск для варианта 1 (энергетический режим) составляет 7.65 км^3, что на 4 % ниже среднего уровня межвегетационных попусков в 1991-2017 гг.

В таблице 67 приводится сопоставление данных по вариантам 1 и 2. Разница между вариантами по попуску из Нурекского гидроузла оценивается в 3.73 км^3 воды в сезон: в вегетацию в варианте 2 попуск из г/у выше, чем в варианте 1, и наоборот – в межвегетацию в варианте 1 попуск выше, чем в варианте 2 на те же 3.73 км^3.

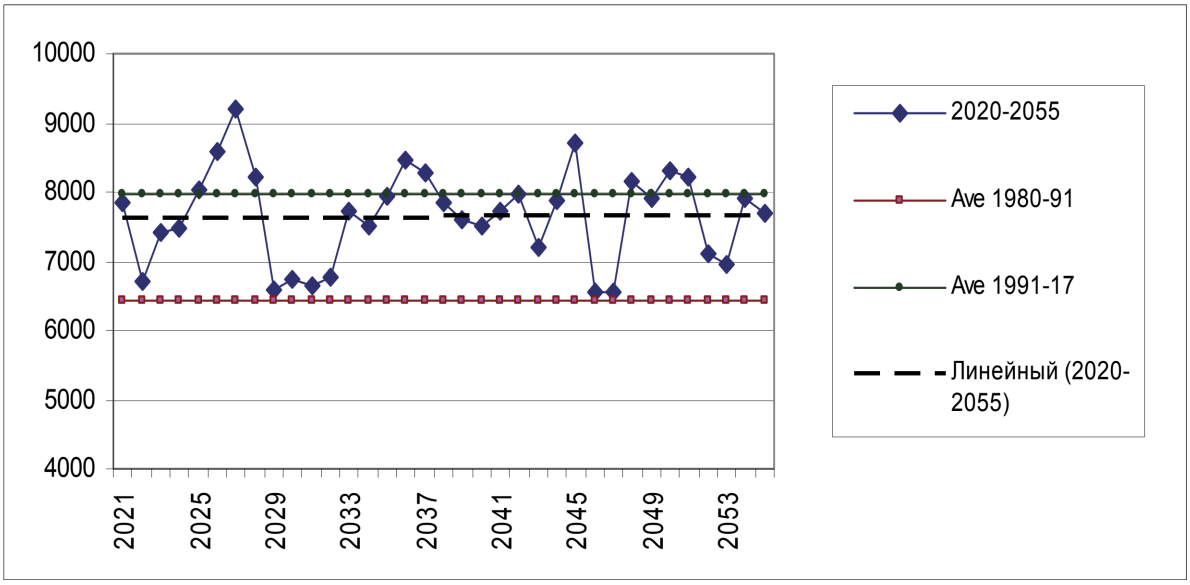


Рис. 100 Межвегетационные попуски из Нурекского г/у (октябрь-март), млн.м^3: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении со средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 1. Энергетический режим

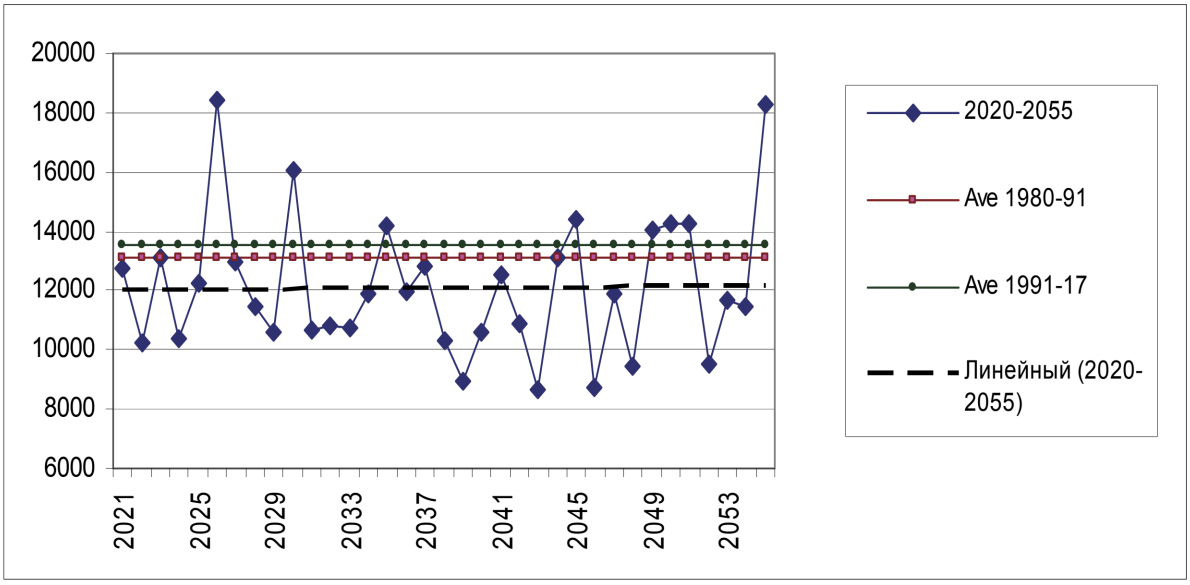


Рис. 101 Вегетационные попуски из Нурекского г/у (апрель-сентябрь), млн.м^3: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении со средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 1. Энергетический режим

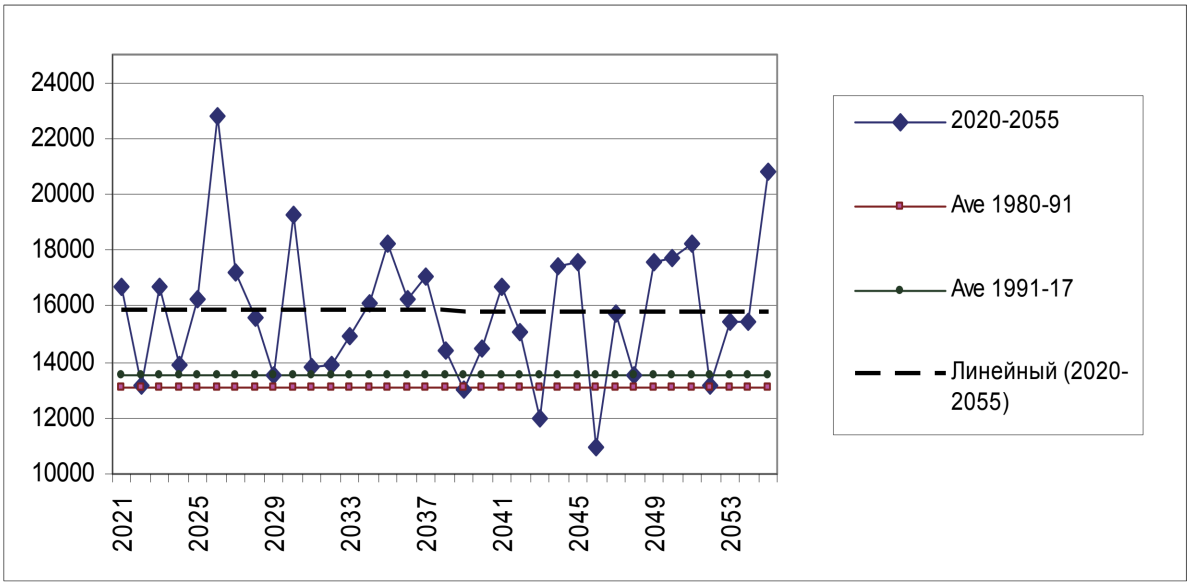


Рис. 102 Вегетационные попуски из Нурекского г/у (апрель-сентябрь), млн.м^3: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении со средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 2. Энерго-ирригационный режим

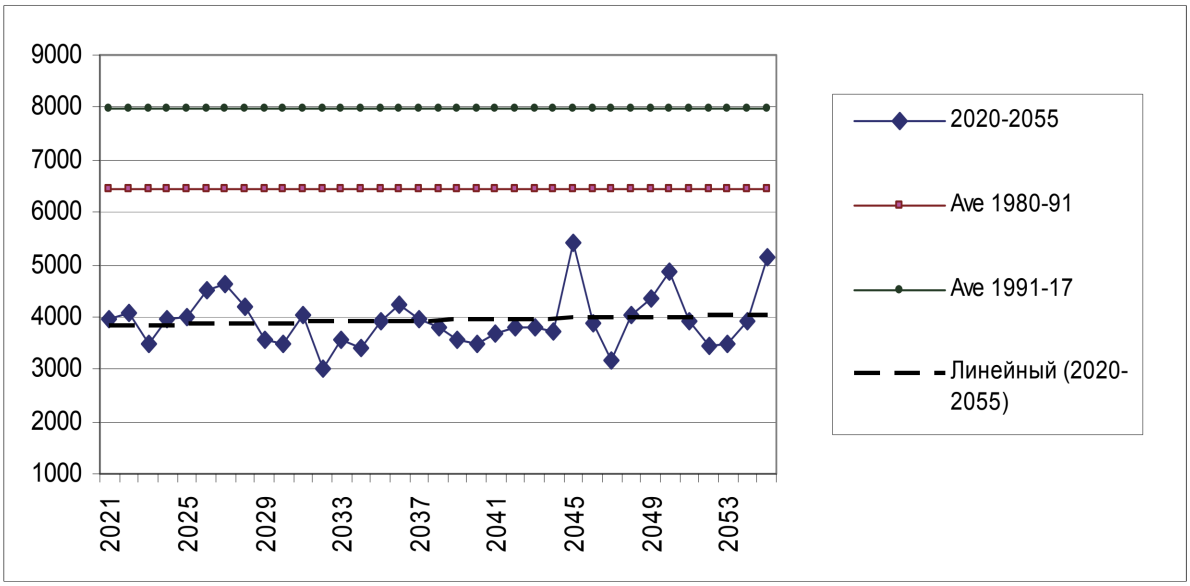


Рис. 103 Межвегетационные попуски из Нурекского г/у (октябрь-март), млн.м^3: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении со средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 2. Энерго-ирригационный режим

Таблица 67

Сравнение параметров Нурекского г/у по вариантам - результаты расчетов на гидроэнергетической модели, осреднение данных за 2020-2055 гг

№ Вариантов, режимы ГЭС	Параметр, ед. изм.	апр-сент	окт - март	Год
1 и 2	Приток к г/у	16250	3520	19770
1.Энергетический	Попуск из г/у, млм^3	12120	7650	19770
2.Энерго-ирригационный	Попуск из г/у, млн.м^3	15850	3920	19770
Разница 1 - 2	Изменение попуска, млн.м^3	- 3730	3730	0
	в % от притока	- 23	106	
1.Энергетический	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м^3	4130	-4130	0
2.Энерго-ирригационный	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м^3	400	-400	0

2.9.12. Работа Нурекского гидроузла в условиях климатических изменений

Влияние климата на годовой и сезонные стоки реки Вахш в створе притока к Нурекскому г/у можно оценить по данным таблицы 68. В таблице представлены осредненные за период 2020-2055 гг данные, - результат обработки гидрологических рядов, смоделированных с шагом 1 месяц на период с 2020 по 2055 гг по двум сценариям: i) естественный сток, как продолжение существующих циклов, ii) естественный сток, исправленный по коэффициентам, учитывающим изменения, вызываемые климатом.

При оценке воздействия возможных изменений климата на водные ресурсы в проекте PEER используются результаты региональных моделей REMO-0406 с пространственным разрешением 0,5° и 0,16° основанные на сценарии развития концентрации парниковых газов CMIP3 SRES-A1B.

Работа Нурекского г/у в условиях климатических изменений оценена по вариантам 3 и 4. В таблице 69 приводится сопоставление данных попусков воды и объемов регулирования стока по этим вариантам.

Таблица 68

Влияние климата на среднемноголетний сток реки Вахш (2020-2055 гг) в створе притока к Нурекскому г/у

№ Вариантов, влияние климата	Параметр, ед.изм	апр-сент	окт - март	Год
1 и 2, нет влияния	Приток к г/у, млн.м^3	16250	3520	19770
3 и 4, есть влияние	Приток к г/у, млн.м^3	15570	3550	19120
Разница 1-3 (2-4)	Изменение приток к г/у, млн.м^3	680	- 30	650
	в % от притока	4	- 0.8	3

Таблица 69

Сравнение параметров Нурекского г/у по вариантам - результаты расчетов на гидроэнергетической модели, осреднение данных за 2020-2055 гг

№ Вариантов, режимы ГЭС	Параметр, ед.изм	апр-сент	окт - март	Год
3 и 4	Приток к г/у	15570	3550	19120
3.Энергетический	Попуск из г/у, млм^3	11440	7680	19120
4.Энерго-ирригационный	Попуск из г/у, млн.м^3	15170	3950	19120
Разница 3 - 4	Изменение попуска, млн.м^3	- 3730	3730	0
	в % от притока	- 24	105	
3.Энергетический	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м^3	4130	- 4130	0
4.Энерго-ирригационный	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м^3	400	- 400	0

Наибольшее влияние климат оказывает на формирование водных ресурсов в летние месяцы, особенно в июне и июле (отчет Д.Сорокина по результатам проекта PEER, позиция 2.4 « Моделирование рядов стока рек, учитывающее влияние климата», сентябрь 2016 г).

По притоку к Нурекскому г/у сток реки Вахш в июне месяце под влиянием климата теряет 6 % своего объема (в среднем за 2020-2055 гг), а в июле – 13 %. Максимальное снижение приходится на 2050 год: 7 % в июне и 17 % в июле. Водохранилище Нурекского г/у данный сток изменяет следующим образом: попуск из г/у в июне под влиянием климата теряет 5 % своего стока, а в июле – 11 %. Таким образом, водохранилище несколько компенсирует негативное влияние климата в эти месяцы.

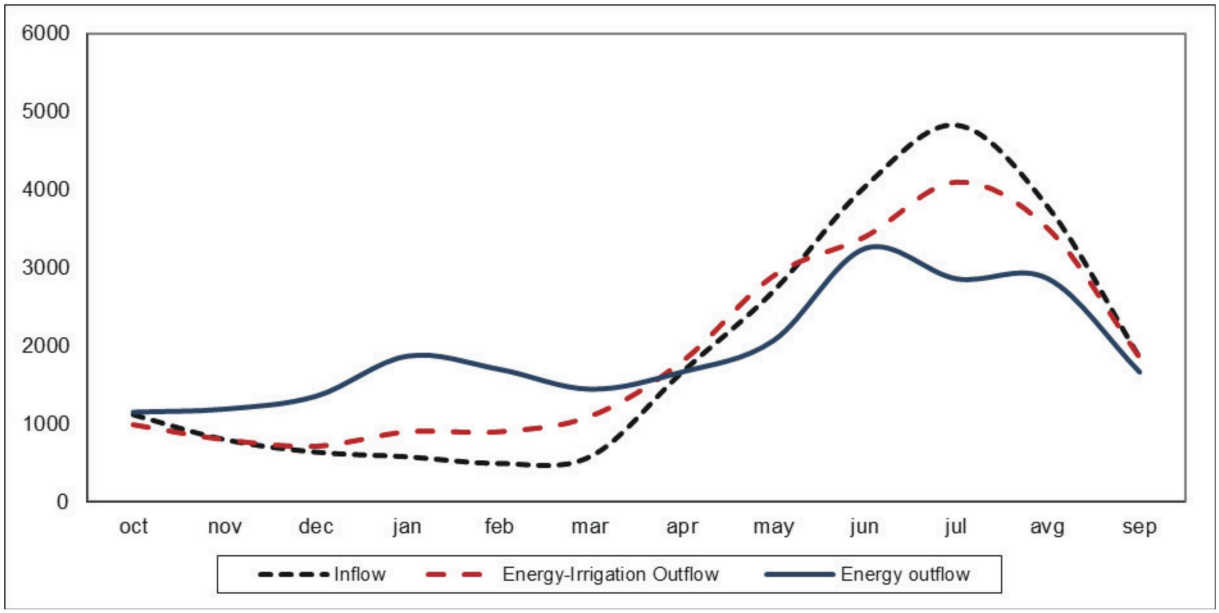


Рис. 104 Динамика притока и попусков из Нурекской ГЭС при альтернативных режимах ее работы для многоводного года (2044-2045 г)

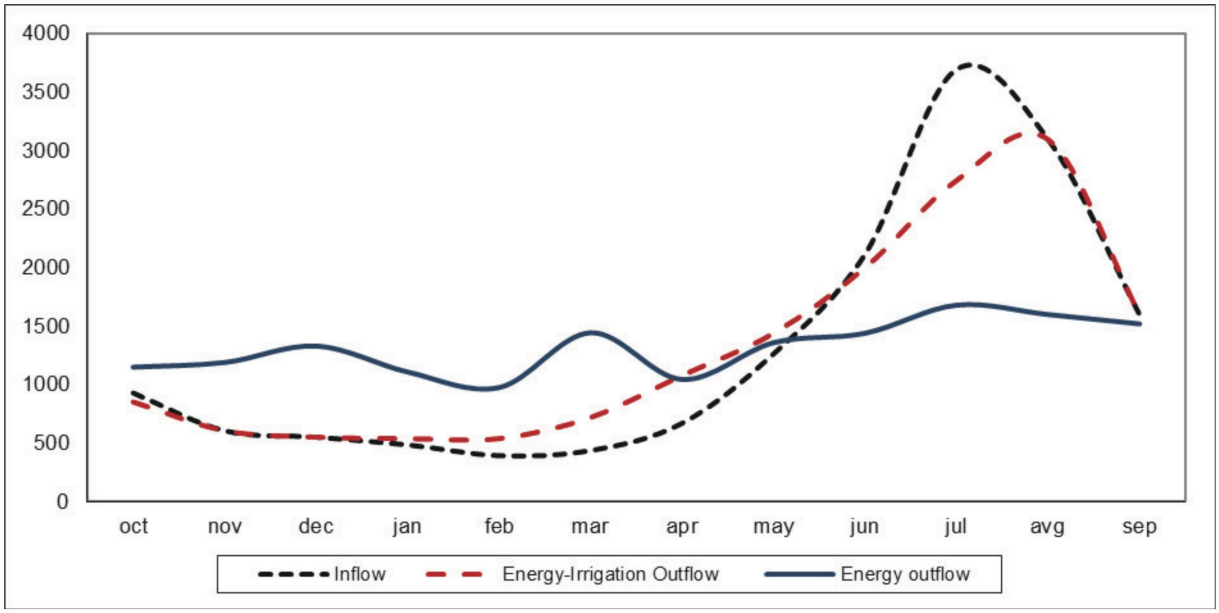


Рис. 105 Динамика притока и попусков из Нурекской ГЭС при альтернативных режимах ее работы для маловодного года (2042-2043 г)

На рисунках 104 и 105 показаны гидрографы притока и попусков из Нурекской ГЭСпри альтернативных режимах ее работы (энергетический и энерго-ирригационный)

для двух случаях водности реки Вахш – для маловодного года (соответствует в ряду 2042-2043 г) и многоводного (2044-2045 г).

Все расчетные данные, характеризующие режим работы Нурекской ГЭС на 2010-2020, 2020-2055 гг по вариантам введены в БД проекта PEER.

2.9.13. Рекомендации

Современный режим работы Нурекского г/у характеризуется холостыми сбросами на ГЭС и соответствующими потерями электроэнергии на этих сбросах. Холостые сбросы зависят от водности реки Вахш (чем больше объем притока к г/у, тем больше холостые сбросы), а также от эффективности управления (точности прогноза).

В среднем за 2010-2016 гг потери на холостых сбросах оцениваются приблизительно в 20 % от используемой электроэнергии, полученной на Нурекской ГЭС. Для решения этой проблемы необходимо повысить эффективность управления Нурекским г/у, в частности – улучшить прогнозы приточности к г/у.

Как показывают наши расчеты, начало наполнения водохранилища Нурекского г/у по сравнению с современными сроками следует сдвинуть вперед по времени на 1-2 месяца. Такой режим будет более комфортен и к ирригационному графику потребления воды, забираемой из рек Вахш – Амударья.

Изменения стока реки Вахш (в створе притока к Нурекскому г/у), вызванные изменением за период 2020-2055 гг не окажут существенного влияния на режим работы Нурекской ГЭС. Тем не менее, в отдельные летние месяца (июнь-июль, август) следует ожидать сокращения приточности к Нурекскому г/у, что необходимо учесть при регулировании стока вегетационного периода и минимизации холостых сбросов.

2.9.14. Регулирование энергетического баланса

Анализ имеющихся национальных документов, обзоров и исследований международных организаций показывает, что существующий дефицит электроэнергии в Таджикистане до 2020 года предполагается снижать улучшением баланса спроса-предложения следующими мерами: i) снижением спроса на электроэнергию - достигается инвестициями в энергоэффективность потребителя, тарифной политикой, ii) увеличением объемов выработки электроэнергии - достигается модернизацией существующих гидроэнергетических объектов, повышением эффективности работы ГЭС, iii) увеличением объемов импорта и экспорта электроэнергии (в том числе и в летний период) - достигается реализацией, прежде всего, экспортных возможностей Таджикистана (проект CASA-1000 и др.)

В проекте PEER предполагается, что спрос на электроэнергию на перспективу по жилому сектору будет определяться демографической нагрузкой, при этом, темпы роста энергопотребления жилого сектора будут соответствовать темпам роста населения; спрос на электроэнергию других секторов, включая потребности промышленного производства, принимается по исследованиям Всемирного банка (2013).

По нашим расчетам (Д. Сорокин) внутренний годовой спрос на электроэнергию Таджикистана в пределах малого бассейна Амударьи (без Согдийской области) в 2030 году без внедрения мероприятий по энергосбережению составит 14490 ГВт.ч, а в случае внедрения мероприятий – 11240 ГВт.ч, т.е на 22 % меньше. К 2055 году внутренний спрос на электроэнергию в Таджикистане (малый бассейн Амударьи) может увеличиться до 17376 ГВт.ч в случае не проведения мероприятий, или до 14 126 ГВт.ч в случае их проведения. В среднем за 2020-2055 гг. внутренний годовой спрос э/э Таджикистана в пределах малого бассейна Амударьи (без Согдийской области) оценивается в 12.07 млрд.кВт.ч, в том числе в вегетацию (апрель-сентябрь) 5.75 млрд.кВт.ч и в октябре-марте – 6.32 млрд.кВт.ч (таблицы 72-77). Внутренний спрос на э/э по всему Таджикистану в среднем за 2020-2055 гг оценивается в 15.9 млрд.кВт.ч. Спрос на э/э в пределах малого бассейна составляет 76 % от общего спроса.

Часть спроса на э/э предполагается покрыть за счет выработки на ТЭС, в том числе за счет Душанбе 2, Шуроб 1,2. Выработка на ТЭС в среднем за 2020-2055 гг оценивается в 3.5 млрд.кВт.ч. Таким образом, часть спроса на э/э, которую планируется покрывать за счет выработки на ГЭС, оценивается в среднем за 2020-2055 гг в 12.4 млрд.кВт.ч. Основным генератором электроэнергии в Таджикистане в настоящее время является Нурекская ГЭС и ниже расположенный каскад Вахшских ГЭС.

Исследования PEER не включают проект Рогунской ГЭС, поскольку в настоящее время он является предметом изучения и обсуждения специалистов и политиков с точки зрения проектных параметров, режимов работы Рогунской ГЭС в каскаде Вахшских ГЭС, экономической эффективности, технической безопасности, экономических и социальных рисков для всех стран бассейна.

Производство электроэнергии на Нурекской ГЭС и всего Вахшского каскада с 2017 по 2020 гг представлено в таблице 71. Работа Нурекской ГЭС за этот период принята по режиму, близкому к фактической работе Нурекский г/у, но исключающей холостые сбросы. В среднем за 2017-2020 годы выработка на Вахшском каскаде ожидается в размере в 13.95 млрд.кВт.ч. Для варианта 3 (энергетический режим) в среднем за 2020-2055 гг годовая выработка на Вахшском каскаде (включая Нурекскую ГЭС) оценивается в 14.74 млрд.кВт.ч, в том числе в октябре-марте 6.07 млрд.кВт.ч (41 %) и в апреле-сентябре 8.67 млрд.кВт.ч (59 %). Для варианта 4 (энерго-ирригационный режим) годовая выработка оценивается в 15.50 млрд.кВт.ч, т.е на 0.74 млрд.кВт.ч больше, чем в варианте 3. В октябре-марте по варианту 4 вырабатывается 3.48 млрд.кВт.ч, что на 2.59 млрд.кВт.ч меньше, чем в варианте 3, в тоже время в апреле-сентябре в варианте 3 вырабатывается 12.02 млрд.кВт.ч, что на 3.35 млрд.кВт.ч больше, чем в варианте 3.

Таким образом, при переходе с 3 (энергетический режим) варианта на 4 (энерго-ирригационный) наблюдается:

- Рост годовой выработки на 5 %,
- Снижение выработки в октябре-марте на 54 %,
- Рост выработки в апреле-сентябре на 39 %.

Таблица 70

Выработка электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС за 2017-2020 гг

Годы	Выработка на Вахшском каскаде ГЭС, млн.кВт.ч			В т.ч Выработка на Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч		
	окт-мар	апр-сен	окт-сен	окт-мар	апр-сен	окт-сен
2017-2018	6389	8099	14488	4792	6149	10941
2018-2019	6215	6841	13056	4644	5149	9793
2019-2020	6062	8245	14307	4529	6248	10777
Сумма	18666	23185	41851	13965	17546	31511
Средняя за 2017-2020	6222	7728	13950	4655	5849	10504

Таблица 71

Выработка электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС в 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Годы	Выработка на Вахшском каскаде ГЭС, Вариант 3 (энергетический режим) млн.кВт.ч			Выработка на Вахшском каскаде ГЭС, Вариант 4 (энерго-ирригационный режим), млн.кВт.ч		
	окт-мар	апр-сен	окт-сен	окт-мар	апр-сен	окт-сен
2020-2030	6054	9241	15295	3493	12597	16090
2030-2040	6042	8153	14195	3297	11634	14931
2040-2050	6130	8386	14517	3605	11633	15238
2050-2055	6041	9147	15188	3542	12471	16014
2020-2055	6071	8672	14743	3476	12028	15504

На рисунках 106-109 показаны графики выработки э/э на Вахшском каскаде ГЭС при энергетическом (Case 3) и энерго-ирригационном (Case 4) режимах работы Нурекской ГЭС: по месяцам, по годам и в среднем за 2020-2055 гг.

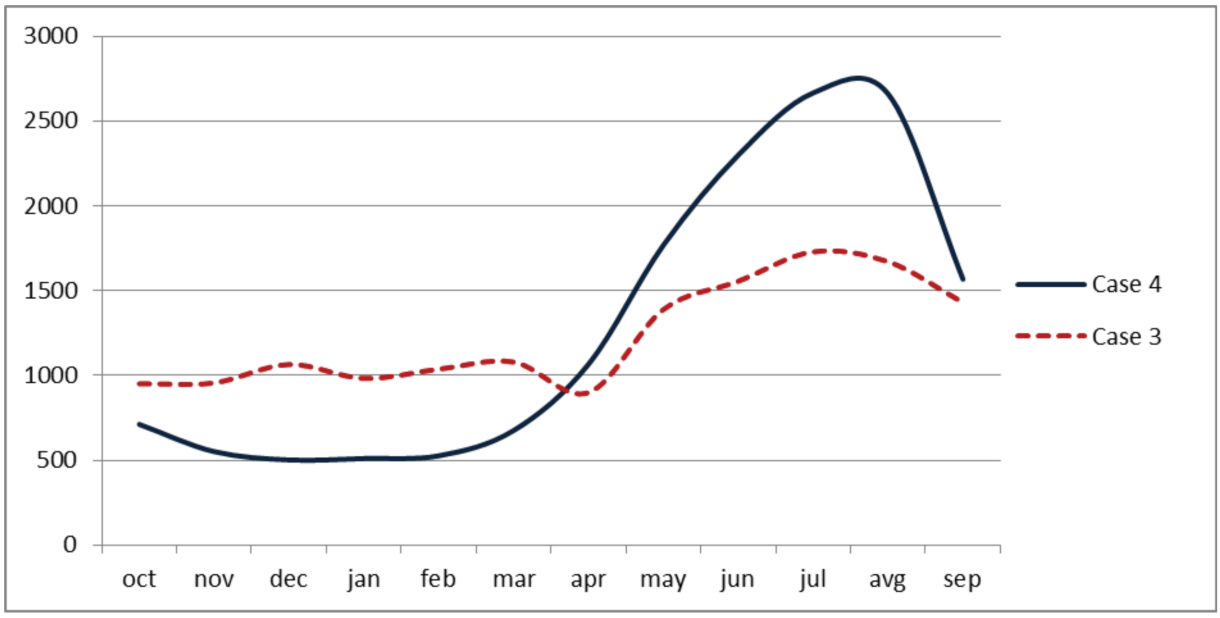


Рис. 106 Внутригодовая выработка э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС): осреднение за 2020-2055 гг, при энергетическом (case 3) и энерго-ирригационном (case 4) режимах работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

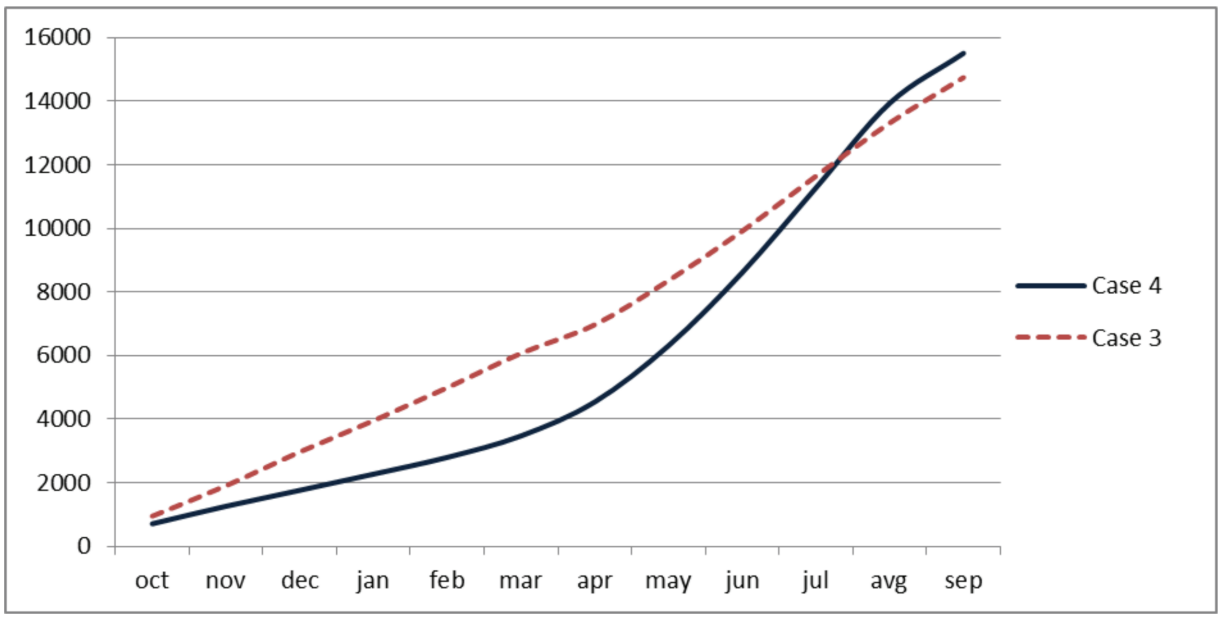


Рис. 107 Интегральная кривая помесячной выработки э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС): осреднение за 2020-2055 гг, при энергетическом (case 3) и энерго-ирригационном (case 4) режимах работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

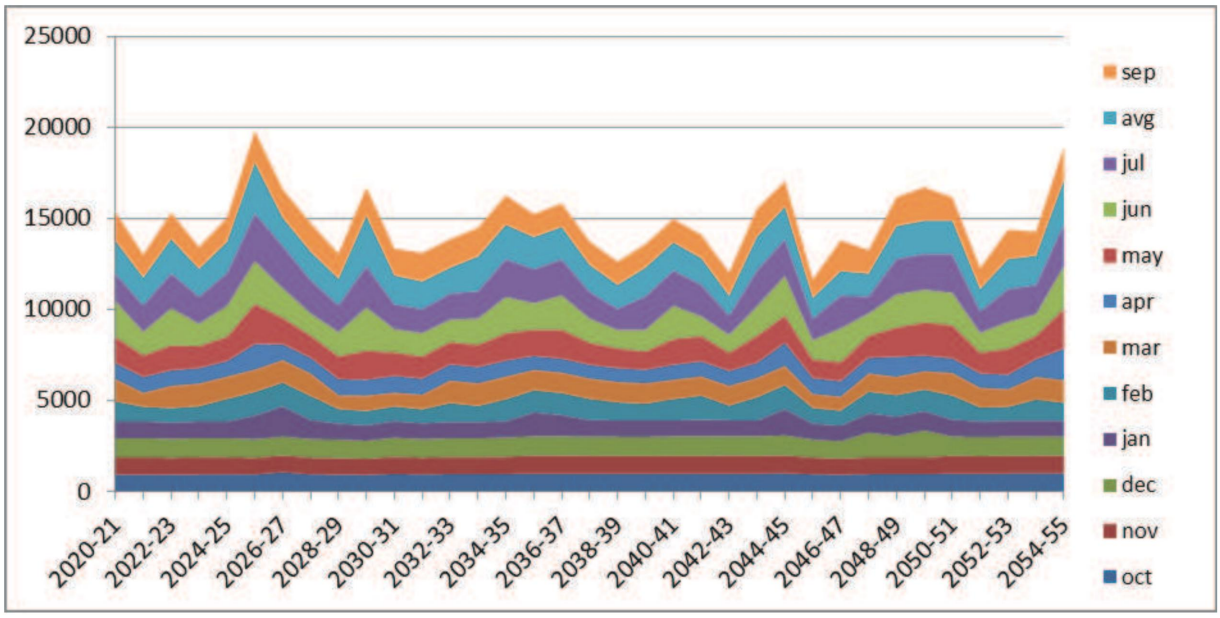


Рис. 108 Выработка э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС за 2020-2055 гг, энергетический режим (case 3) работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

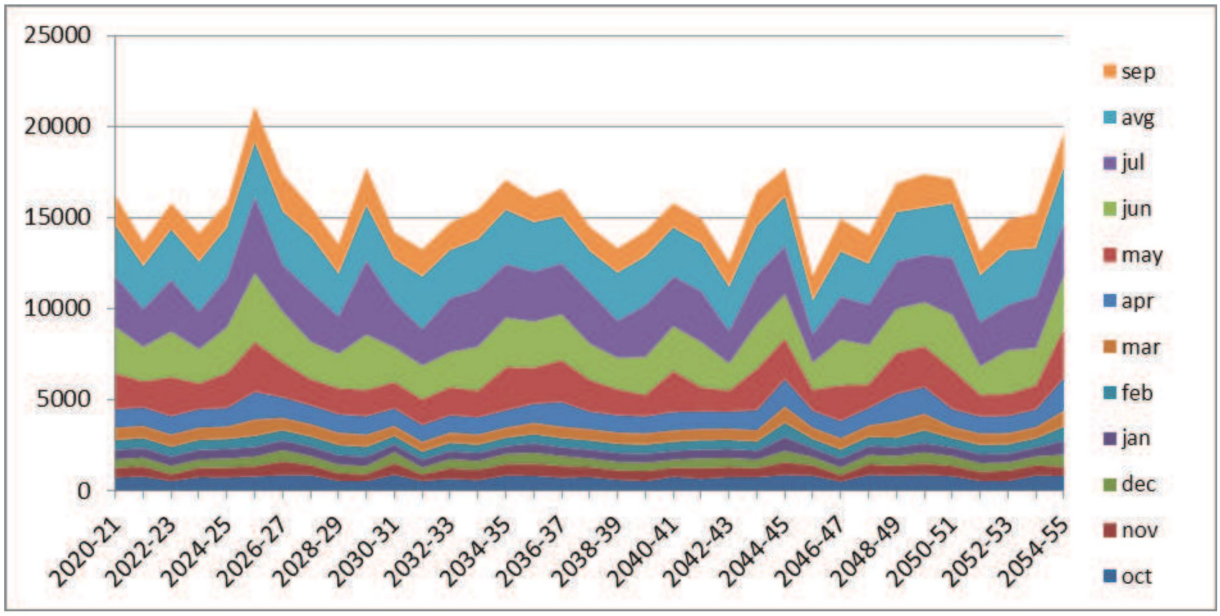


Рис. 109 Выработка э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС за 2020-2055 гг, энерго-ирригационный (case 4) режим работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

В таблицах 71 – 2.9.9 приводятся данные по спросу на э/э в Таджикистане (без Согдийской области) и выработке на Вахшском каскаде за 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений. Энергетический баланс (производство-спрос) приводится по сезонам и за год.

Таблица 72

Сравнение спроса на э/э в Таджикистане (без Согдийской области) и выработки на Вахшском каскаде в октябре-марте за 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Период	Спрос на э/э, млн.кВт.ч / окт-март	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / окт-март		Баланс э/э, млн.кВт.ч / окт-март	
		Вариант 3	Вариант 4	Вар 3-Спрос	Вар 4-Спрос
2020-2030	5640	6054	3493	414	-2147
2030-2040	6119	6042	3297	-77	-2822
2040-2050	6690	6130	3605	-560	-3085
2050-2055	7219	6041	3542	-1178	-3677
2020-2055	6322	6071	3476	-251	-2846

Таблица 73

Сравнение спроса на э/э в Таджикистане (без Согдийской области) и выработки на Вахшском каскаде в апреле-сентябре за 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Период	Спрос на э/э, млн.кВт.ч / апр-сен	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / апр-сен		Баланс э/э, млн.кВт.ч / апр-сен	
		Вариант 3	Вариант 4	Вар 3-Спрос	Вар 4-Спрос
2020-2030	5132	9241	12597	4109	7465
2030-2040	5568	8153	11634	2585	6065
2040-2050	6088	8386	11633	2298	5545
2050-2055	6570	9147	12471	2577	5902
2020-2055	5753	8672	12028	2920	6276

Таблица 74

Сравнение спроса на э/э в Таджикистане (без Согдийской области) и выработки на Вахшском каскаде за 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Период	Спрос на э/э, млн.кВт.ч / окт-сен	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / окт-сен		Баланс э/э, млн.кВт.ч / окт-сен	
		Вариант 3	Вариант 4	Вар 3-Спрос	Вар 4-Спрос
2020-2030	10772	15295	16090	4523	5318
2030-2040	11687	14195	14931	2508	3244
2040-2050	12778	14517	15238	1739	2460
2050-2055	13789	15188	16014	1399	2225
2020-2055	12075	14743	15504	2668	3429

Таблица 75

Сравнение спроса на э/э в Таджикистане и выработки на Вахшском каскаде за 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Период	Спрос на э/э Таджикистана, млн.кВт.ч / окт-сен	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / окт-сен		Баланс э/э, млн.кВт.ч / окт-сен	
		Вариант 3	Вариант 4	Вар 3-Спрос	Вар 4-Спрос
2020-2030	14017	15295	16090	1278	2073
2030-2040	15346	14195	14931	-1151	-415
2040-2050	16908	14517	15238	-2392	-1670
2050-2055	18349	15188	16014	-3160	-2335
2020-2055	15900	14743	15504	-1157	-396

Таблица 76

Сравнение спроса на э/э в Таджикистане (за вычетом выработки на ТЭС) и выработки на Вахшском каскаде за 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Период	Спрос на э/э Таджикистана, за вычетом э/э на ТЭС млн.кВт.ч / окт-сен	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч / окт-сен		Баланс э/э, млн.кВт.ч / окт-сен	
		Вариант 3	Вариант 4	Вар 3-Спрос	Вар 4-Спрос
2020-2030	10517	15295	16090	4778	5573
2030-2040	11846	14195	14931	2349	3085
2040-2050	13408	14517	15238	1108	1830
2050-2055	14849	15188	16014	340	1165
2020-2055	12400	14743	15504	2343	3104

Таблица 77

Сравнение спроса на э/э в Таджикистане и выработки на Вахшском каскаде за маловодный год (2042-2043 г) при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Маловодный год 2042-2043	Спрос на э/э млн.кВт.ч /год	Выработка э/э на каскаде, млн.кВт.ч/год		Баланс э/э, млн.кВт.ч/год	
		Вариант 3	Вариант 4	Вар 3-Спрос	Вар 4-Спрос
Таджикистан	12557 *	12028	12536	-529	-21
Без Согдийской области	9105	12028	12536	2923	3431

*)За вычетом выработки на ТЭС и ГЭС водохранилища « Бахри Точик»

Анализ данных внутригодового спроса и производства электроэнергии позволяет оценить сезонные потребности и возможности энергетического сектора Таджикистана – смотрите таблицы 71–76. В таблицах сравниваются данные по спросу на э/э в Таджикистане и данные по выработке э/э на Вахшском каскаде за 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений. Дается оценка баланса по Таджикистану в целом, по Таджикистану за вычетом выработки э/э на ТЭС, оценка по маловодному году (2042-2043 гг).

Анализ энергетических балансов э/э Таджикистана на 2020-2055 гг показал следующее:

- К 2050-2055 годам годовой энергетический баланс (производство минус спрос на э/э) для зоны малого бассейна Амударьи сходится положительно, при этом мощностей ГЭС хватает для удовлетворения внутренних годовых потребностей Таджикистана (без Согдийской области): при варианте 3 имеется превышение объемов выработки над спросом на 1.4 млрд.кВт.ч, а при варианте 4 – на 2.2 млрд.кВт.ч.; таким образов каскад ГЭС на Вахше в состоянии учесть потребности Таджикистана в пределах малого бассейна Амударьи без помощи ТЭС,
- К 2050-2055 годам годовой энергетический баланс для Таджикистана сводится с дефицитом по варианту 3 в 3.2 млрд.кВт.ч и по варианту 4 – в 2.3 млрд.кВт.ч. (данный вариант не учитывает выработку э/э на ГЭС водохранилища « Бахри Точик», расположенного на р. Сырдарья и выработку э/э на ТЭС),
- К 2050-2055 годам годовой энергетический баланс для Таджикистана за вычетом выработки э/э на ТЭС сводится положительно с избытком э/э при варианте 3 в 0.34 млрд.кВт.ч и при варианте 4 в 1.67 млрд.кВт.ч.

В целом за год к 2050-2055 г. Вахшский каскад ГЭС (включая Нурекскую ГЭС) в состоянии выработать столько э/э, чтобы покрыть не только внутренние потребности Таджикистана в пределах малого бассейна Амударьи (зона исследований PEER), но и частично покрыть внутренние потребности всего Таджикистана (с дефицитом по варианту 4 в 12 %). Если же учесть, что часть спроса э/э будет покрываться ТЭС, то появляется даже избыток э/э – по варианту 4 в 1.7 млрд.кВт.ч, который можно экспортировать.

Анализ сезонных балансов э/э показывает наличие дефицитов э/э в период с октября по март и избытки в период с апреля по сентябрь. К 2050-2055 гг дефицит э/э в октябре – марте по 3 варианту для Таджикистана без Согдийской области оценивается в 1.18 млрд.кВт.ч, а по варианту 4 – в 3.68 млрд.кВт. В целом за 2020-2055 годы дефицит меньше: соответственно 0.25 млрд.кВт по варианту 3 и 2.85 млрд.кВт по варианту 4.

Решить проблему сезонного дефицита э/э можно двумя альтернативными способами:

- Наращиванием мощностей по выработке э/э (в рамках проекта PEER не рассматривается),
- Регулированием сезонных потоков э/э (экспорт-импорт).

2.10. Предложения по совершенствованию правовой основы сотрудничества

Прочная правовая основа является ключевой составляющей эффективного и плодотворного межгосударственного сотрудничества в сфере управления водными ресурсами. Поэтому данному вопросу с первых дней независимости стран Центральной Азии уделяется особое внимание. В первом разделе настоящего издания были продемонстрированы основные достижения стран в формировании международно-правового режима управления водными ресурсами в Центральной Азии и выявлены его основные недостатки. В данной главе даются рекомендации по дальнейшему совершенствованию правовой базы сотрудничества в регионе. Рекомендации подготовлены на основе анализа существующей системы международно-правового регулирования управления водными ресурсами в бассейне Амударьи и передового опыта других бассейнов мира.

Глава состоит из двух частей. В первой части дается краткий обзор работ, проведенных в последние 25 лет по совершенствованию правовой базы водного сотрудничества в Центральной Азии. Во второй части приводятся рекомендации по более комплексному и системному использованию потенциала международного права для дальнейшего развития мирных взаимоотношений по вопросам совместного использования водных ресурсов в бассейне Амударьи.

2.10.1. Исторический экскурс: совершенствование правовой базы сотрудничества (1992-2017)

Работы по усилению правовой основы межгосударственного водного сотрудничества проводились в рамках всех программ конкретных действий по улучшению экологической и социально-экономической обстановки в бассейне Аральского моря (ПБАМ).

В начале 1990-х в рамках ПБАМ-1 Европейский Союз начал программу по оказанию содействия в разработке проектов соглашений по вододелению. Рабочими группами от стран с привлечением экспертов по международному праву было разработано несколько проектов соглашений, но ни один из них не подписан.

В ходе реализации ПБАМ-2 продолжились работы по разработке проектов соглашений. В частности, в 2005-2008 годы при содействии Азиатского банка развития (АБР)[62] страны проводили дискуссии по обсуждению региональной водохозяйственной политики в Центральной Азии. Проведение этих дискуссий было направлено, в первую очередь, на переработку рамочного Соглашения 1998 г. «Об использовании водно-энергетических ресурсов в бассейне реки Сырдарьи». Однако уже на первом заседании по проекту участники поддержали предложение Туркменистана, БВО «Амударья» и НИЦ МКВК и обратились к АБР с просьбой о рассмотрении возможности включения бассейна реки Амударья в сферу действия проекта. Таким образом, техническим содействием были охвачены все страны региона и оба бассейна – Сырдарья и Амударья. В результате усилий национальных межведомственных рабочих групп и регио-

[62] Техническое содействие АБР «Совершенствование управления совместными водными ресурсами в Центральной Азии» (RETA 6163). Онлайн: www.cawater-info.net/reta/

нальной рабочей группы был подготовлен проект нового соглашения по Сырдарье. Он был одобрен членами МКВК и направлен в страны для обсуждений. Проект соглашения по Амударье тоже прорабатывался, но не был доведен до согласования на уровне МКВК.

В рамках данного технического содействия также была продолжена работа над проектом соглашения об информационном обмене, начатая в ПБАМ-1. Версия проекта соглашения была разослана странам для межведомственного согласования в 2006 г., а затем после очередной доработки еще раз в 2014 году. В настоящее время положительные заключения на проект соглашения «Об информационно-аналитическом обеспечении комплексного управления, использования и охраны водных ресурсов бассейна Аральского моря и организации межгосударственного обмена информацией» получены от Казахстана и Узбекистана.

В начале 2017 года Региональный Центр ООН по превентивной дипломатии для Центральной Азии (РЦПДЦА) направил странам Центральной Азии проекты конвенций об использовании водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи.[63] По словам руководителя Центра, проекты конвенций были разработаны в сотрудничестве с ведущими специалистами, отражают достижения современного международного права и максимально учитывают специфику региона и интересы государств как «верховья», так и «низовья».[64] Первым на данную инициативу положительно откликнулся Узбекистан.[65] Реакция международного сообщества была также в целом положительной. В частности, Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерреш заверил, что приложит все усилия по продвижению конвенций. Вместе с тем высказывались мнения, что процесс разработки был недостаточно прозрачным и что совместная разработка проектов конвенций представителями заинтересованных стран могла бы создать чувство сопричастности к выработанному документу.

В целом новая внешняя политика Республики Узбекистан, направленная на улучшению отношений с соседями и поиск разумных компромиссов по всем острым вопросов, вселяет надежду, что страны региона приступят к конструктивному диалогу по укреплению правовой и институциональной базы водного сотрудничества в ближайшем будущем.

2.10.2. Рекомендации по дальнейшим направлениям действий

В данном разделе предлагаются рекомендации, реализация которых могла бы позволить использовать эффективнее потенциал международного водного права в Центральной Азии.

Международно-правовая система в целом и международно-правовое регулирование использования и охраны трансграничных водных ресурсов в частности являются объектом постоянной критики. Они часто характеризуются как недейственные, туманные и ни к чему не обязывающие. Возможно, международное право не всегда поспева-

---

[63] UN Central Asia regional centre's goal is to help build trust, its head says. By Arsen Omarkulov *in* Opinions *on* 19 May 2017. Онлайн astanatimes.com/2017/05/un-central-asia-regional-centres-goal-is-to-help-build-trust-its-head-says/

[64] Очередной существенный шаг друг к другу. ИА «Жахон». Газета «Народное слово». 15 августа 2017. Онлайн: mfa.uz/ru/press/smi/2017/08/11990/

[65] «Общерегиональному сотрудничеству в водопользовании альтернативы нет» — глава МИДа. Gazeta.uz. 17 апреля 2017. Онлайн www.gazeta.uz/ru/2017/04/17/water/

ет за происходящими в мире переменами, но всё же его критика не всегда справедлива и обоснована. Скептики международного права должны понимать, что задачей международного права не является решение всех имеющихся международных проблем, а создание цивилизованной среды и платформы, в которой проблемы могут быть решены мирно и согласованно.

Пока мы не добьемся понимания международного права как системы (i) норм, (ii) юридически обоснованного поведения и (iii) правосознания, будет трудно обеспечить эффективную работу международного права. Задача международного права заключается в построении и поддержании правовых отношений посредством слаженной работы норм и процессов права.

Чтобы обеспечить использование потенциала международного права в полной мере для более эффективного управления водными ресурсами в бассейне Амударьи, надо работать комплексно и системно по трем направлениям:

(i) Совершенствовать нормы права, которые содержаться в региональных и/или соглашениях и обеспечивать их исполнение;

(ii) Активно, осознанно и грамотно участвовать в процессах правотворчества и правоприменения и не допускать поведения, противоречащего нормам и принципам международного права;

(iii) Повышать правосознание и правовую культуру.

В случае успешности данных мероприятий, реальным мерилом эффективного правового регулирования будет не совокупное количество принятых договоров, протоколов и деклараций, а формирование правовых отношений, которые позволяют правовому режиму развиваться и совершенствоваться. Договоры имеют значение, но они должны быть частью эффективно действующей системы.

Рекомендация 1. Разработать и принять бассейновое соглашение по Амударье

Существующие в бассейне Амударьи соглашения не могут обеспечить надежную правовую основу для мирного и справедливого управления трансграничными водами в бассейне Амударьи. Среди ключевых недостатков существующего правового режима следующее:

a) отсутствие детализации основных принципов международного водного права, таких как справедливое и разумное использования, не причинения значительного вреда и минимального экологического стока к условиям Амударьи;

b) отсутствие передовых методов управления водными ресурсами, включая бассейновый подход, участие общественности, адаптивное управление;

c) отсутствие согласованных положений, касающихся правил управления и регулирования стока для лет различной водности, включая и размеры попусков;

d) отсутствие детальных процессуальных обязательств для согласованного управления и планируемых мер (имеются только достаточно общие и декларативные обязательства по обмену информацией, проведению консультаций, уведомле-

нию о планируемых работах, проведению оценки трансграничного воздействия и совместной работе при чрезвычайных ситуациях);

e) отсутствие Афганистана в системе совместного регулирования;

f) отсутствие надлежащего учета мер по адаптации к изменению климата, включая мероприятия в периоды засух и паводков;

g) отсутствие механизмов мониторинга соблюдения и разрешения споров.

В рамках проекта PEER «Адаптация управления трансграничными водными ресурсами в бассейне Амударьи к изменениям климата» была разработана примерная структура потенциального соглашения по бассейну Амударьи (*приложение 1 к данной главе*), которая позволяет учесть все вышеперечисленные недостатки. Также был подготовлен справочный документ, который состоит из ссылок на передовую практику других бассейнов мира, выдержки из соглашений и другой полезной информации в помощь разработчикам будущих соглашений.

Неоспоримым преимуществом такого комплексного и всеобъемлющего документа будет переход от постоянных споров по поводу потенциального воздействия отдельных проектов к скоординированной работе на основе согласованных региональных ограничений и совместному видению будущего бассейна.

Рекомендация 2. Выработать и согласовать процедурные правила и руководства

Одно соглашение не сделает свое дело, если не будет процедур по его детализации и конкретизации. Так, для бассейна Амударьи одним из необходимых условий слаженной и четкой работы является разработка процедур и правил эксплуатации Вахшского каскада, которые бы гарантировали устойчивое водообеспечение всех стран, в том числе под воздействием изменения климата.

Ожидалось, что такие правила и процедуры будут выработаны в ходе оценки проекта строительства Рогунской ГЭС, подготовленных компаниями Coyne & Bellier и Poyry по контракту с Правительством Республики Таджикистан при финансовой поддержке Всемирного банком. Но этого не произошло. Определение на основе модельных оценок приемлемых для всех стран правил эксплуатации Вахшского каскада, будучи согласованными со всеми странами, могли бы стать базой для устойчивого использования водных ресурсов реки Амударьи.

Рекомендация 3. Повышать адаптивность системы управления к изменению климата и другим изменяющимся условиям

Высокая адаптивность системы предполагает возможность изменения правил и процедур для учета новых обстоятельств, данных и знаний, а также возможность корректировки существующих методов управления перед лицом изменяющихся условий. В этой связи предлагается ряд мер по повышению адаптивности существующей системы:

- Разработать и внедрить в практику конкретные механизмы и условия для изменения или корректировки критериев и принципов вододеления и режимов работы водохранилищ, а также проведения периодического обзора порядка распределения водных ресурсов. Отсутствие таких положений затрудняет принятия решений по адаптации и учету изменяющихся потребностей.
- Обеспечить прозрачный и системный обмен данными и информацией для комплексного и адаптивного управления, использования и охраны водных ресурсов бассейна Амударьи.
- Внедрить большую гибкость в систему корректировки лимитов со стороны БВО, поскольку в настоящее время нет четкой иерархии приоритетов при сокращении лимитов и сложно обеспечить соблюдение пропорциональности при урезке водозаборов по участкам рек.
- Предусмотреть возможность приостановления, передачи или временной уступки прав (лимитов) на использование воды.
- Повысить уровень подготовленности к экстремальным явлениям (засухам и наводнениям), которые будут усиливаться в результате изменения климата. Для этого требуется, среди прочего, создать систему раннего предупреждения экстремальных явлений и выработать руководства по совместному реагированию на ожидаемую засуху или многоводье.
- Усилить работу МКВК по вопросам перспективного планирования и управления, что существенно повысит степень «климатоустойчивости» системы управления в целом. В качестве одного из основных элементов «климатоустойчивости» системы следует ориентировать работу на обеспечение многолетнего регулирования в целях компенсации резких колебаний стока, возникающих в условиях изменения климата.
- Четко прописать и гарантировать меры ответственности за нарушение принципов и процедуры вододеления в бассейне Амударья, включая превышение установленного лимита, нарушение режима работы водохранилищ, а также необеспечение подачи на экологические нужды.
- Работать надо совершенствованием структуры, мандата и условий работы региональных органов для более четкого и эффективного реагирования на происходящие изменения. Ключевыми предпосылками эффективности институциональной основы является привлечение всех заинтересованных лиц (например, через бассейновые советы) и обеспечение многоуровневого руководства, чтобы принимаемые решения координировались на местном, национальном и региональном уровнях.

Рекомендация 4. Повысить качество региональных и/или бассейновых соглашений, усилив их научное обоснование и привлекая все заинтересованные стороны к их разработке

Качество договоров и норм, которые они предписывают, не формируется извне, а создается коллективными усилиями стран. Любое соглашение – это результат компромисса между участниками с разным пониманием основных вопросов и разными интересами на кону. Для разработки «более совершенных» соглашений требуются более глубо-

кие знания и готовность участников принять их в качестве юридически обязательной линии поведения.

Не следует пренебрегать необходимостью более активного вовлечения ученых в процесс разработки новых соглашений. Особую важность имеет экономическое обоснования проектов соглашений, регулирующих вопросы использования водных ресурсов. Без научного обоснования и оценок водохозяйственной и экологической ситуации на перспективу также невозможно разработать действенные соглашения.

Важным аспектом является обеспечение широкого участия всех заинтересованных лиц в разработке, а затем и исполнении соглашений. Безусловно, привлечение всех заинтересованных лиц требует значительных затрат времени и ресурсов, но результат в виде налаживания взаимодействия и создания чувства сопричастности окупить все затраты.

Рекомендация 5. Соблюдать минимальные требования обычного международного права

Международно-правовая практика использования и управления водными ресурсами наработала целый комплекс материальных и процедурных мер. Чтобы быть добросовестным участником межгосударственных водных отношений и обеспечивать надлежащее исполнение требований международного водного права следует придерживаться как минимум следующих положений, которые достигли статуса обычных норм международного права:

1. Следовать правилу справедливого и разумного использования
2. Предпринимать все надлежащие меры для предотвращения ограничения и сокращении трансграничного воздействия
3. Обеспечивать минимальный экологический сток по реке
4. Добросовестно сотрудничать с прибрежными государства в целях достижения оптимального использования и надлежащей защиты международного водотока.

1. *Правило справедливого и разумного использования* включает в себя как право государств водотока использовать его в пределах своей территории справедливым и разумным образом, так и обязанность сотрудничать в его защите и освоении. Требование его соблюдения возникает при коллизии видов использования водотока, то есть, как правило, в тех речных бассейнах, где водные ресурсы полностью распределены, а изменяющиеся условия и приоритеты требуют рассмотрения вопроса о пересмотре действующего водораспределения.

a. Использование международного водотока справедливым и разумным образом требует учета всех соответствующих факторов и обстоятельств, среди которых нет изначально приоритетных, но особое внимание следует уделить насущным человеческим нуждам – Ст. 10(2) Конвенции ООН о водотоках 1997 года;

b. Целью использования и сотрудничества должно быть достижение его оптимального и устойчивого использования и получение связанных с этим выгод. Неустойчивое использование водотока является несправедливым, и, следовательно, незаконным;

c. Трансграничное воздействие не всегда означает несправедливое использование;

d. Процедуры и институты сотрудничества играют неоценимую роль, так как оценка справедливости и разумности должна производиться для каждого конкретного случая и может меняться с течением времени.

Минимальные требования его соблюдения обобщены в схеме внизу.

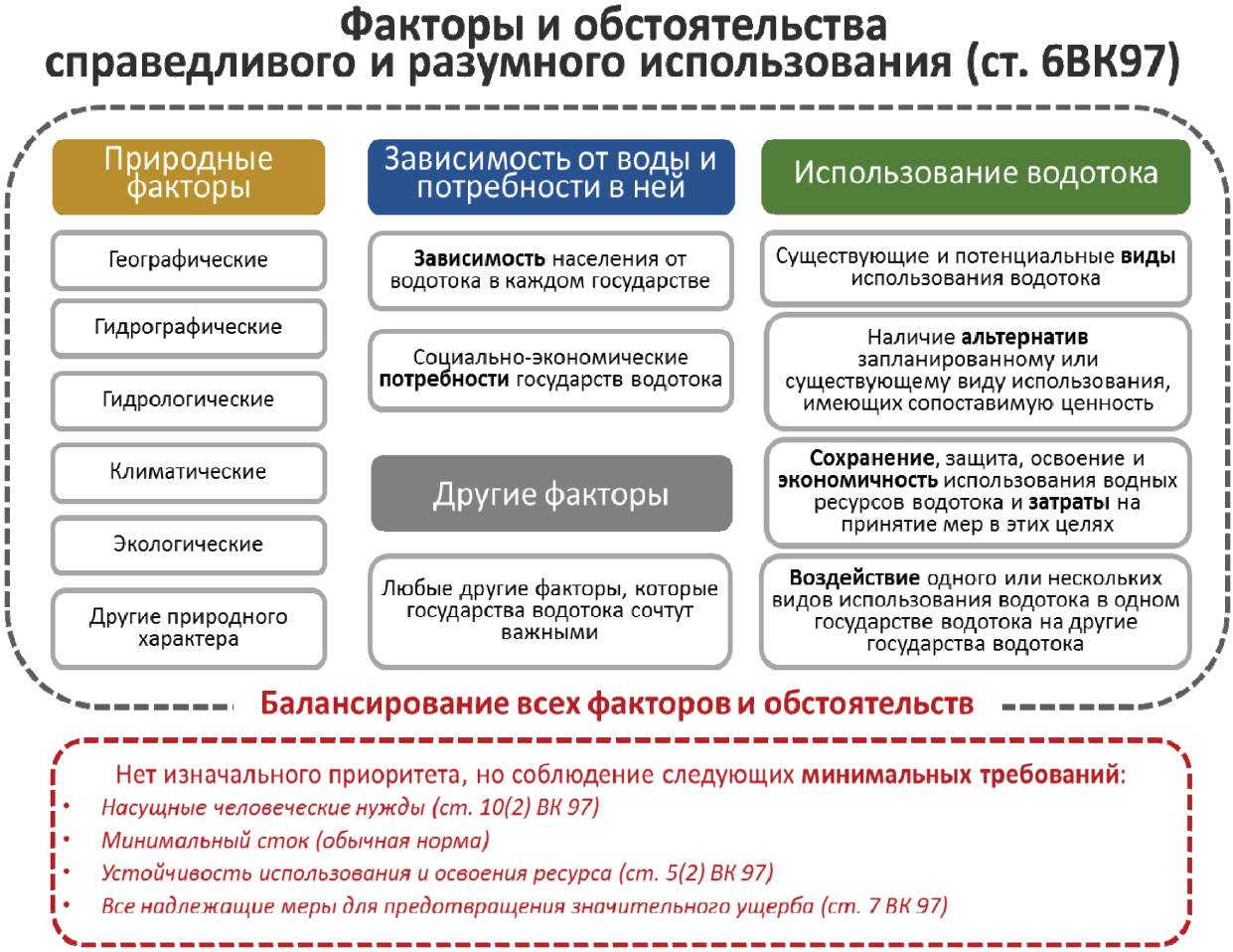


Рис. 110. Факторы и обстоятельства справедливого и разумного использования водных ресурсов

2. *Обязательство предотвращать, ограничивать и сокращать трансграничное воздействие* не является абсолютным обязательством, которое запрещает наносить любой «значительный трансграничный вред», а является относительным обязательством, которое требует, чтобы государства предпринимали «все соответствующие меры» по предотвращению, ограничению и сокращению трансграничного воздействия, то есть соблюдали должную осмотрительность (due diligence). Должная осмотрительность в соблюдении обязательства предотвращать, ограничивать и сокращать трансграничное воздействие:

- Содержит элементы пропорциональности, относительности и гибкости для учета конкретных обстоятельств и специфики каждого конкретного водотока, включая уровень экономического, технологического и административного развития и потенциала страны;

- Влечет международно-правовую ответственность за несоблюдение должной осмотрительности, то есть за непринятия всех соответствующих мер по предотвращению, ограничению и сокращению, а не за факт трансграничного воздействия.

Конкретные минимальные требования для принятия «всех соответствующих мер» включают в себя (на примере Водной конвенции ЕЭК ООН):

Правовые, административные, экономические, финансовые меры – ст. 3(1)

- Применение малоотходной и безотходной технологии – ст.3(a);
- Режим выдачи разрешений на сброс сточных вод, мониторинг разрешенных сбросов и контроля за ними, на основе соответствующей наилучшей имеющейся технологии – ст. 3(b, c), Приложение I;
- Применение биологической очистки (эквивалента) в отношении коммунально-бытовых сточных вод - ст. 3 (e);
- Меры на основе соответствующей наилучшей имеющейся технологии для сокращения поступления биогенных веществ из промышленных и коммунально-бытовых источников – ст.3 (f);
- Меры и наилучшую в экологическом отношении практику (Приложение II) для сокращения поступления биогенных и опасных веществ из диффузных источников – ст. 3(g);
- Оценка воздействия на окружающую среду и другие методы оценки - ст. 3(h);
- Поощрение устойчивого управления водными ресурсами, включая применение экосистемного подхода - ст.3(i);
- Планы действий в чрезвычайных ситуациях – ст.3(j);
- Дополнительные меры по предотвращению загрязнения подземных вод – ст.3(k);
- Сведение к минимуму опасности аварийного загрязнения – ст.3(l).

Другие меры и обязательства «всех соответствующих мер», среди которых:

- Установление предельных норм содержания загрязнителей в сбросах в поверхностные воды на основе наилучшей имеющейся технологии, конкретно применимые к отдельным отраслям и секторам промышленности - ст. 3(2);
- Определение целевых показателей качества воды и утверждение критериев качества воды согласно Приложению III;
- Разработка программ мониторинга состояния трансграничных вод (ст. 4);
- Обеспечение предоставления информации о состоянии трансграничных вод общественности в соответствии с указаниями, установленными в ст. 16;
- Сотрудничество в соответствии с формулировками и указаниями статьи 2 (6) и статей 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 и 17.

3. *Обязательство добросовестного сотрудничества* является обязательством результата и требует проактивных действий со стороны государств водотока для достижения оптимального использования и надлежащей защиты международного водотока. Оно является самостоятельным обязательством, но также включает в себя процедурные обязательства или конкретные формы сотрудничества. Минимальными процедурными обязательствами, которые признаны обычной нормой права являются:

- Регулярный обмен данными и информацией между прибрежными странами;

- Проведение консультаций касательно трансграничных вод;
- Предварительное уведомление о планируемых мерах
- Оценка воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте.

Рекомендация 6. Воспользоваться преимуществами глобальных водных конвенций и других универсальных многосторонних механизмов

Глобальные конвенции, многие положения которых содержат обычные нормы международного права, могут внести весомый вклад в укрепление правовой основы в бассейне.

Водная конвенция ЕЭК ООН 1992 года, как источник детальных положений по предотвращению причинения ущерба и сотрудничеству на трансграничном уровне, может внести значительный вклад в усовершенствование правовой основы в бассейне. Плюсом Конвенции является институциональная поддержка со стороны ее органов. Рабочие органы Конвенции способствуют процессу взаимного обучения и построения доверия, проводя семинары, реализуя пилотные проекты и разрабатывая различные практические руководства и рекомендации. Совместная работа технических специалистов, юристов и лиц, определяющих политику, по рассмотрению научных, политических и правовых вопросов на встречах в рамках Конвенции способствует выработке общего понимания проблем и подходов к их решению.

Конвенция ООН 1997 года по водотокам также вносит вклад в укрепление регионального водного сотрудничества. В первую очередь, данная конвенция, в которой кодифицированы ключевые нормы обычного права в сфере межгосударственного водопользования, может играть дополняющую роль к существующим соглашениям, которые не определяют права и обязательства сторон в полном объеме. Она может таким образом усилить материальную и процессуальную систему сотрудничества в бассейне. Конвенция также может послужить в качестве общей платформы для стран Центральной Азии и Афганистана при ведении переговоров по будущим соглашениям, поскольку она не препятствует заключению и не отвергает потребности в подобных соглашениях по водотокам. Конвенция ООН 1997 года по водотокам может усилить национальное «измерение» управления водой, требуя изменений в пределах юрисдикции отдельных стран. Применение Конвенции внутри стран особенно очевидно в необходимости в комплексном управлении водными ресурсами, защите экосистем и принятии «всех надлежащих мер», например, соответствующих правовых, административных, технических и практических механизмов для выполнения Конвенции. Наконец, особое значение имеет вклад Конвенции ООН 1997 года по водотокам в мирное решение противоречий, проявляемое в его системе процедур и механизмов урегулирования споров, включая беспристрастную комиссию по установлению фактов.

Глобальные конвенции могут многое предложить странам бассейна Амударьи для решения имеющихся проблемных вопросов, но важно помнить, что будучи рамочными документами, они не могут заменить детальные бассейновые соглашений, которые должны быть приняты прибрежными государствами для учета из специфических нужд и потребностей. В Водной конвенции ЕЭК ООН от 1992 года однозначно говорится, что ее цели должны быть достигнуты, главным образом, посредством заключе-

ния Сторонами Конвенции отдельных двух- и многосторонних соглашений по конкретным трансграничным водам (статья 9).

Рекомендация 7. Уделять больше внимание процессу разработки соглашений и процессам взаимодействия в ходе их реализации

Разработка новых – даже идеальных с точки зрения юридической техники – региональных или бассейновых соглашений не решит проблему, если не будут соблюдены два условия. Первое – если процесс разработки проектов соглашений не будет максимально прозрачным и устраивающим всех участников переговорного процесса. Второе – если не будет создана эффективная система выполнения обязательств.

Процесс подготовки соглашения играет очень важную роль для признания и внедрения правовых положений, но этому вопросу в ходе подготовки проектов соглашений по водным вопросам в Центральной Азии не всегда придается должное значение. Учитывая, что переговоры зачастую организуются донорами, частично корень проблемы лежит в фрагментированности их действий, отсутствии долговременных обязательств и постоянной смене их приоритетов. Большая доля ответственности, безусловно, лежит на самих государствах.

Положительным примером правильной организации процесса можно назвать опыт работы над проектом нового Соглашения «Об использовании водных и энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья» в рамках технического содействия АБР. Для разработки проекта документа был использован трехступенчатый подход, в который были задействованы члены рабочих групп. Сначала национальные рабочие группы проанализировали эффективность действующих соглашений, включая Соглашение 1998 года, с точки зрения национальных интересов и изложили все положительные стороны имеющихся документов и выявили основные причины невыполнения положений данного соглашения и его недостатки. Затем на основе имевшихся к тому времени проектов соглашений (проект Казахстана, проект, направленный МИД Таджикистана, проект БВО «Сырдарья» и НИЦ МКВК) и действующего Соглашения 1998 года членами рабочих групп был выработан предварительный вариант проекта нового соглашения. Данный проект впоследствии обсуждался и дорабатывался в ходе встреч и семинаров. В нем были учтены рекомендации специалиста по международному водному праву по общей структуре соглашения. Таким образом, были приложены максимальные усилия для того, чтобы подготовленный документ вобрал в себя все положительные достижения действующего соглашения, учел его недостатки и в тоже время был осуществим на практике.

Но, как уже отмечалось выше, даже идеально составленный договор не может выполнить за страны работу по претворению в жизнь ее предписаний. Нужна четкая система исполнения международно-правовых обязательств как на региональном, так и национальном уровнях.

Рекомендация 8. Повышать правосознание и уровень правовой культуры

Международное право – это разновидность социального регулирования, поэтому залогом его эффективности является активное и осознанное участие всех заинтересованных лиц в процессах правотворчества и правоприменения. Наша непричастность и отстраненность во многом исходит из убеждения, что от нас ничего не зависит. Но это ложное убеждение – развивая индивидуальное, коллективное и общественное сознание, мы можем внести значительный вклад в повышение эффективности международного права. Так, судья Международного суда ООН Вирамантри в своем особом мнении по консультативному заключению о запрещении ядерного оружия, подчеркивает существенную роль движения по защите прав человека для формирования требований общественного сознания,[66] а значит и развития международного права. Большой потенциал в учете требований общественного сознания видится в сфере устойчивого использования водных ресурсов и охраны окружающей среды, с усиливающимися тенденциями на коммерциализацию доступа к воде для удовлетворения насущных потребностей людей и экосистем.

При этом важно понимать, что понятия «общественное сознание» и «общественное мнение» не равнозначны. Исследователи считают, что понятию «общественное мнение», которое может быть объектом манипуляций и пропаганды, недостает моральной составляющей, которая присутствует в понятии «общественное сознание».[67] Таким образом, коренное отличие между «сознанием» и «мнением» лежит в том, что важно не только иметь определенное мнение или убеждение по вопросам морали и права, а осознавать свою обязанность поступать в соответствии с этими моральными убеждениями и/или правовыми установками. Поэтому для развития и эффективного применения международного права важно уделять первостепенное внимание формированию и повышению уровня общественного сознания и правовой культуры в целом.

Следует поощрять преподавание, изучение, распространение и более широкое признание международного (водного) права среди различных целевых групп (государственных деятелей, юристов, журналистов, общественности). К сожалению, в настоящее время имеют место неверные и односторонние толкования положений международного водного права. Также имеются случаи, когда средства массовой информации, которые, по сути, должны играть ключевую роль в повышении международно-правовой культуры, наоборот усиливают недопонимания и ошибочные толкования.

Представителям государств и гражданского общества следует активнее участвовать и взаимодействовать на различных международных и региональных площадках, бассейновых организациях, в правотворческих и правоприменительных процессах, в том числе в рамках многосторонних природоохранных конвенций. Совместное обучение и проекты также могут способствовать повышению правовой культуры. Опыт, приобретенный в процессе взаимодействия с партнерами из различных стран и секторов, может служить основой для изменения поведенческих моделей, согласования раз-

---

[66] Dissenting Opinion of Judge Weeramantry, Legality of the Threat or Use of Nuclear Weapons General List No 95 [1996] ICJ Reports 226 at 490.

[67] Edward L. Bernays. Crystalising public opinion. Open Road Media, 2015; Ryan Calo et all (eds). Robot Law. Edward Elgar Publishing, 2016; Theodor Meron, 'The Martens Clause, principles of humanity, and dictates of public conscience' (2000) 94 American Journal of International Law 78-89.

личных позиций и выработки общего понимания и применения положений международного водного права.

Рекомендация 9. Активизировать роль и ответственность юристов

Роль правоведов в создании, развитии, внедрении и применении международного права заслуживает отдельного внимания. Филипп Эллот следующим образом сформулировал важную функцию юристов в международном праве:

> Юристы-международники служат не правительству, а международному сообществу. Как юристы они служат не силе, а правосудию. Поэтому обязанностью юристов-международников, и даже юристов, нанятых правительством, является учет не только интересов того или иного государства, но и долгосрочных интересов международного сообщества. В отличие от юристов любой другой специализации, юристы-международники имеют функцию «универсализации».[68]

Высококвалифицированные юристы должны активнее участвовать в процессе создания и развития международного права в бассейне Амударьи. Недостаток местных квалифицированных специалистов по международному водному праву имел негативные последствия для процесса и результатов переговоров между странами Центральной Азии в 2005-2008 гг. Их отсутствие ограничило возможности для полноценного обсуждения юридических нюансов. Также удручает отсутствие или спорадическое участие правоведов из нашего региона в работе органов Конвенций ЕЭК ООН. Их неучастие ведет к потере возможностей для стран бассейна Амударьи стать частью сообщества, которое оказывают мощное влияние на развитие и толкование международного водного права в целом.

Рекомендация 10. Работать над обеспечением соблюдения международных обязательств

В национальной системе права государство устанавливает правила поведения и обеспечивает их исполнение вертикалью власти, а, при необходимости, и аппаратом принуждения. В отличие от национального, международное право – это горизонтальная система, в которой отсутствует централизованный орган по принятию и приведению в исполнение норм права. Нормы международного права создаются самими государствами посредством согласования интересов и позиций для регулирования их же собственного поведения. При этом государства как основные субъекты международного права должны достичь согласия относительно содержания правил поведения и их обязательности. Соблюдение норм международного права не обеспечивается вертикальным принуждением, а базируется на добровольности их реализации и рациональном сотрудничестве государств. Но даже наличие жестких механизмов принуждения не может быть гарантом эффективности права, как международного, так и национального. Исследования подтверждают, что соблюдение норм права во многом обеспечивается социально-экономическими, моральными, культурными факторами, а не механизмами принуждения.

---

[68] Philip Allott, ‘State responsibility and the unmaking of international law’ (1988) 29 Harvard International Law Journal 1-26 at 24.

Рекомендация 11. Отходить от традиционных переговоров на основе позиций стран к процессу совместного поиска взаимоприемлемых решений

В настоящее время взаимодействие между странами региона в области совместно используемых водных ресурсов в большей степени принимает форму стратегического действия, а не конструктивного диалога. Зачастую государственные чиновники стран просто информируют друг друга о позиции своего государства, без попытки убедить и склонить своих коллег путем обоснования и тщательной аргументации излагаемой позиции. К примеру, делаются ссылки на принципы международного водного права при обозначении позиции страны, но аргументация того, что эти общие нормы подразумевают в данной конкретной ситуации, отсутствует. Аналогично, если страны отвергают те или иные предписания международного водного права, делается весьма общее и туманное заявление их неприемлемости для страны без объяснения конкретных причин.

Нужен конструктивный и аргументированный диалог. Чтобы решение было действительно «коллективным», оно должно быть продуктом взаимного обмена мнениями и обоснованного консенсуса.[69] Самое главное, доводы для таких решений должны быть приемлемыми для всех участников и восприниматься ими как легитимные.

Только в процессе такого диалога, который заключается в обмене обоснованными, разумными и учитывающими интересы всех заинтересованных стран аргументами и контраргументами, возможно нахождение оптимально подходящего варианта. Только тогда можно разгадать загадку «справедливого и разумного использования» для условий бассейна Амударьи. Только тогда принцип справедливого и разумного использования будет выступать в качестве сдерживающей правовой меры, а не политического заявления.

С большим сожалением стоит констатировать, что оценка воздействия проекта строительства Рогунской ГЭС, выполненная при финансовой поддержке Всемирного банка, не предоставила странам возможность проведения такого конструктивного, доверительного и аргументированного диалога. Процесс оценки мог бы быть инициирован и проведен прозрачнее, с непосредственным вовлечением представителей стран (а не просто консультациями), с привлечением консальтинговых компаний, которым доверяют страны, и с более внимательным и профессиональным отношением к обеспокоенностям стран в части потенциального воздействия. Результаты оценки не были убедительными по многим параметрам, включая неверное толкование применимого международного права и отсутствие назначения выходных параметров Нурекского каскада после запуска Рогунской ГЭС. У находящихся под потенциальным воздействием стран сложилось впечатление о формальности проведенной оценки и изначальной предопределенности ее результатов. Таджикистан также вряд ли может быть полностью удовлетворен оценкой, так как истинным выигрышем страны в данной ситуации может быть только аргументированное убеждение потенциально затрагиваемых стран в среднем и нижнем течении о выгодности и безопасности планируемого проекта.

---

[69] Risse, '"Let's argue!"'.

Рекомендация 12. Интересы и позиции могут меняться, но неизменной должна оставаться приверженность общим ценностям и международному праву

Эмиль Дюркхейм, один из основателей современной социологии, писал:

> [Е]сли определенный интерес связывает людей, то не более чем на несколько месяцев […] Нет ничего менее постоянного, чем интерес. Сегодня, он объединяет меня с тобой, а завтра сделает нас врагами. Такой мотив может породить только кратковременные отношения и мимолетные союзы. [70]

Поскольку интересы постоянно меняются, недальновидно строить сообщества вокруг интересов. Более долговечным и надежным объединяющим фактором могут служить общие ценности. Международное право как система правовых отношений, которая позволяет перерабатывать индивидуальные интересы в коллективные предписания и ценности, может сыграть в этом позитивную роль. Чувство общности и сопричастности, формируемое в процессе взаимодействия, служит объединению. В таких условиях могут быть усилены взаимный обмен знаниями и опытом, координация действий и социализация, а дисбаланс сил сглажен. Взаимоотношения, построенные на общем понимании международного права и его обязательности, становятся выражением коллективного сознания, которое порождает стабильные правовые отношения и приверженность общим ценностям, таким как ценность воды и экосистем.

Приложение

Примерная структура Соглашения о сотрудничестве в области комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна реки Амударья

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ/ВВЕДЕНИЕ

- Преамбула
- Предмет и цель Соглашения
- Термины и определения

II. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

- Общее обязательство сотрудничать и принципы сотрудничества
- Справедливое и разумное использование и обязательство не нанесения значительного ущерба
- Объем располагаемых водных ресурсов и их распределение
- Регулирование стока
- Минимальный сток
- Сооружения

---

[70] См. Эмиль Дюркхейм «Разделение труда в обществе», Free Press 1997, стр. 203-4 (Emile Durkheim, *The division of labor in society*).

Меры по рациональному использованию водных ресурсов, их охране и защите

Бассейновый план

III. ПРОЦЕДУРНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Обмен информацией и данными

Учет воды (включая снежные покровы, ледники)

Мониторинг и оценка, включая оценку воздействия на окружающую среду

Процедуры в случае планируемых мерах

Проведение консультаций

Научно-техническое сотрудничество

IV. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ФОРМА СОТРУДНИЧЕСТВА

МКВК, БВО, Совет бассейна

V. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Засуха

Наводнение

Системы раннего предупреждения

VI. МОНИТОРИНГ СОБЛЮДЕНИЯ И УРЕГУЛИРОВАНИЕ СПОРОВ

VII. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

VIII. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Условия строительства и режим наполнения водохранилища Рогунского гидроузла

Приложение 2. Правила эксплуатации водохранилищ Вахшско-Амударьинского каскада, после [в случае] выхода Рогунского гидроузла на проектный режим

Приложение 3. Процедуры уведомления, проведения консультаций и переговоров относительно потенциальных последствий планируемых мер

Приложение 4. Арбитраж

2.11. Учет возможного позитивного влияния изменения климата на процессы развития культур

Регион Центральной Азии в существенной степени подвержен угрозе изменения климата. По данным Узгидромета [1] прогнозируется, что дальнейшее изменение климата приведет к более высоким температурам, изменениям в режимах осадков и более суровым и продолжительным засухам с соответствующим снижением доступности воды. Наиболее вероятные сценарии в целом для Центральной Азии предполагают повышение среднегодовых температур воздуха к 2080 году более чем на 4°С.

Бассейн Амударьи является одним из основных источников водных ресурсов ЦА. Прогнозы свидетельствуют [2], что расход воды в бассейне Амударьи может снизиться на 10-15%. Это диктует проведение значительной работы по обеспечению адаптации к изменению климата и снижения рисков.

2.11.1. Задачи исследований

В качестве гипотезы работы были приняты находки прежних исследований адаптации к изменению климата, проводимых совместно с Канадским Университетом Мак Гил. [3]. Этими исследованиями было обнаружено, что в результате суммарного увеличения температурного потенциала выращивания сельскохозяйственных культур, сроки вегетации конкретных культур должны сократиться. Такие результаты были опубликованы нами совместно с В.Усмановым [4] ранее. Однако, они касались только изменения сроков перехода через пороговые значения роста и развития растений соответственно 5, 10, 15 °С для различных культур. В последующих исследованиях в проекте CAWA «Вода в Центральной Азии», финансируемого Германским Федеральным Министерством иностранных дел, было решено рассмотреть, насколько это изменение продолжительности различных фаз вегетации наряду с ускорением процесса развития растений, повлияет на водопотребление культуры, имея ввиду сокращение потребных дней полива и приближение сроков вегетации к периоду более увлажненных дней. В работе учитывалось наличие высоких температур, в процессе которых растение притормаживает своё развитие вплоть до полного прекращения роста клеток. Такой пороговой температурой для хлопчатника, например, является температура 35 градусов по °С. Полученные в исследованиях результаты для Ферганской долины по проекту CAWA показали [5,6], что наблюдаемый рост термического потенциала обеспечивает накопление суммы эффективных температур в более сжатые сроки, более ранние сроки сева сельхозкультуры. Это, во-первых, сократит продолжительность фаз роста развития культуры и в целом вегетационный период конкретной сельхозкультуры и, во-вторых, за счёт этого снизит водопотребление более чем на 100 мм для основной культуры – хлопчатника. Распределение термических ресурсов надо рассматривать как основу составления севооборота и соответственно плана водопользования. В связи с ранее полученными позитивными результатами данный опыт решено распространить на анализ биоклиматического потенциала и его изменения в бассейне реки Амударья.

В качестве прогноза изменения климата была принята модель REMO Университета Вюрцбург. За основу используемой климатической модели взята модель ECHAM 5,

созданная в институте Макса Планка (Германия). Это модель общей циркуляции атмосферы. Используется для расчета глобальных и региональных моделей изменения климата. В качестве сценария в модель ввели вариант A1B – сценарий среднего потепления из-за эмиссии парниковых газов. Данная модель представила возможность долговременного построения искусственного ряда температур и осадков до 2050 года. Результаты моделирования были откалиброваны (Солодкий Г.Ф).

2.11.2. Методика исследований и последовательность работ

1. Анализ изменения биоклиматического потенциала для всех зон планирования в разрезах года. За базовый принят 2000 год.

2. Расчет суммы эффективных температур > 5 ^{0}C, > 10 ^{0}C, > 15 ^{0}C за год.

3. Построение графиков суммы эффективных температур 2000-2050 года.

4. Подготовка материала по изменению климата: прохождение порога температур > 5 ^{0}C, > 10 ^{0}C, > 15 ^{0}C, что являются исходными данными для определения дат сева различных сельхозкультур и построение этих графиков.

5. Анализ требуемых сумм эффективных температур для каждого периода роста и развития сельхозкультур, выращиваемых в бассейне и на основе этого расчёт фактических сумм эффективных температур t^o по фазам развития и изменение продолжительности фаз развития сельхозкультур.

6. Подготовлены данные для ввода в БД для расчёта водопотребления, их расчёты и анализ величин водопотребления.

2.11.3. Результаты исследований

Оценка термических ресурсов и их прогнозы

Для территории Средней Азии были выделены следующие термические зоны [5].

I. Жаркая – с суммами температур выше 10 ^{o}C больше 4000 ^{o}C (зона, в которой термические ресурсы достаточны для произрастания и нормального созревания хлопчатника).

II. Тёплая - с суммами температур выше 10 ^{o}C от 2800 ^{o}C до 4000 ^{o}C (где не хватает тепла для нормального плодоношения хлопчатника, но им, как и в предыдущей зоне, обеспечивается созревание винограда, начиная от очень ранних его сортов).

III. Прохладная - с суммами температур от 1000 ^{o}C до 2800 ^{o}C (зона, в которой термическими ресурсами не обеспечивается созревание винограда, но их вполне достаточно для произрастания зерновых колосовых культур).

IV. Холодная - с суммами температур меньше 1000 ^{o}C (неземледельческая зона).

Скорость развития сельскохозяйственных культур тесно связана с эффективной температурой. Эффективной температурой принято считать разность между средней суточной температурой и температурой, с которой начинается развитие той или иной культуры – нижний предел эффективных температур. Суммы превышения средней су-

точной температуры над нижним пределом температур за тот или иной период (от посева до всходов, от всходов до появления 1-го листа, за вегетационный период) называют суммами эффективных температур. Нижний предел эффективных температур у различных культур неодинаков. Для зерновых и большинства плодовых он принимается равным 5 ^{o}C, для хлопчатника 10 ^{o}C, для теплолюбивых растений 15 ^{o}C.

При одной и той же суточной температуре воздуха эффективные температуры для растений, имеющих неодинаковые нижние температурные пределы для начала развития, будут различными.

Для анализа выбраны наиболее показательные и общепринятые для оценки биоклиматического потенциала пределы температур > 5 ^{0}C, > 10 ^{0}C и > 15 ^{0}C.

Сумма эффективных температур > 5 ^{0}C изменяется в бассейне Амударьи в пределах 4300-2600 ^{0}C; > 10 ^{0}C в пределах 3100-1600 ^{0}C; > 15 ^{0}C в пределах 2000-900 ^{0}C. Соответственно классификации [7] территория относится к теплой зоне и к северной границе выращивания хлопчатника.

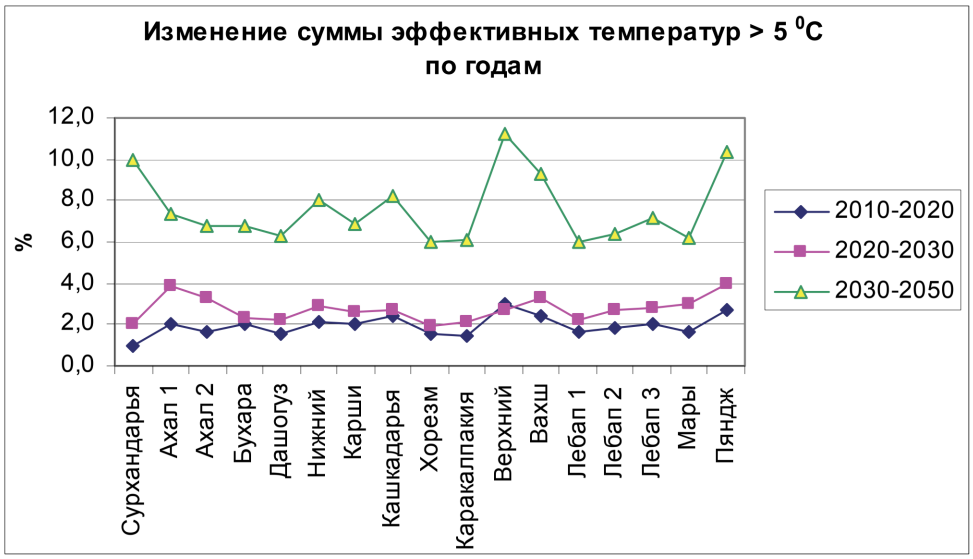
Если сравнивать по периодам 2010-2020 гг., 2020-2030 гг. и 2030-2050 гг., четко прослеживается (рис.102) увеличение по всем зонам планирования годовых значений суммы эффективных температур к 2030-2050 годам. В качестве базовых использовались года 2000-2010.

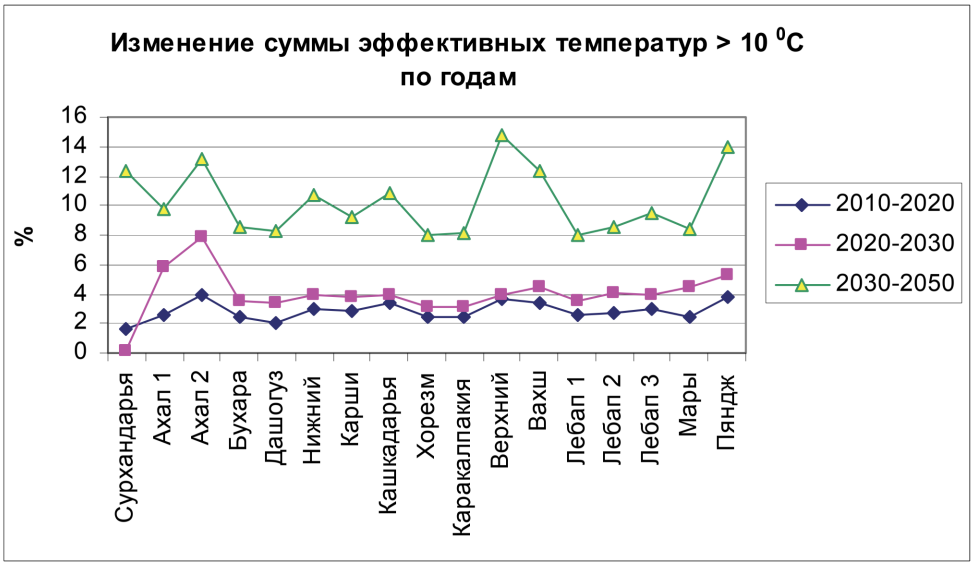
Использование биоклиматического ресурса в будущем может быть более оптимальным с точки зрения формирования структуры посева, подбора сельскохозяйственных культур, подбора сортов, корректировки агротехнического процесса. В конечном счёте, это должно изменить организацию водопользования.

Изменение даты устойчивых переходов температуры

Дата устойчивой температуры весной, определяет основные параметры: начало вегетации и срок сева.

На территории бассейна Амударьи устойчивый переход температуры воздуха через 0 ^{0}C, соответствующий началу вегетации ранних плодовых (абрикоса, миндаля), устанавливается в различное время для Бухарской зоны планирования с начала года во 2-ой декаде февраля. Осенний переход через 0 ^{0}C отмечается во 2-3-й декадах декабря. Продолжительность периода с температурой воздуха выше 0 ^{0}C составляет 280-310 дней. Возобновление вегетации люцерны, зерновых и большинства плодовых культур, весеннее отрастание пастбищных трав начинается с переходом температуры воздуха через 5 ^{0}C. Этот переход на равнинной территории бассейна осуществляется ранее всего в Бухарской зоне планирования в конце февраля. В Ахалской зоне планирования в первой декаде марта, на остальной части в течение всего марта, в горных районах в первой декаде апреля. Продолжительность периода с температурой воздуха выше 5 ^{0}C изменяется по годам и по зонам планирования от 200 дней до 270 дней, выше 15 ^{0}C от 145 до 180 дней.





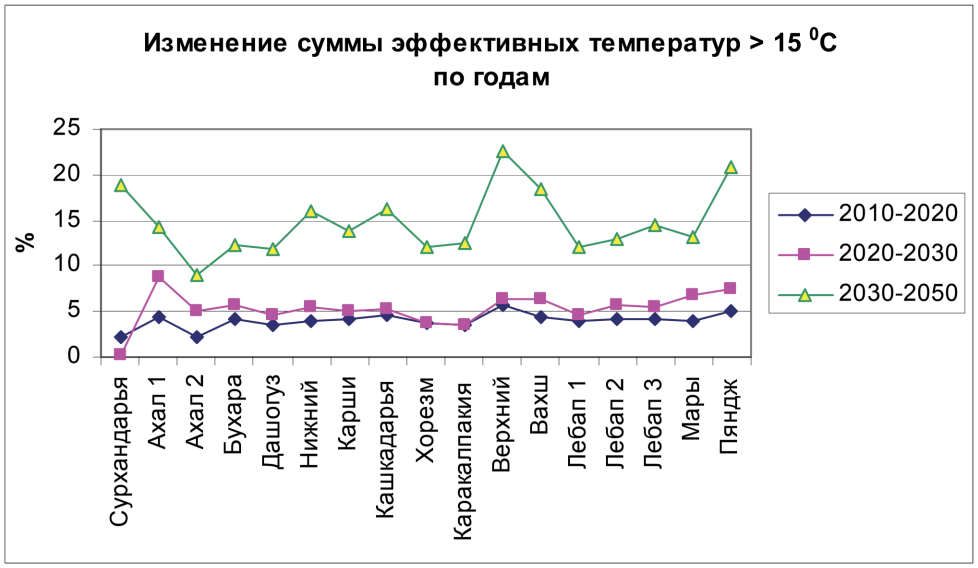


Рис. 111. Изменение термического потенциала в бассейне р. Амударья

Начало периода активной вегетации большинства сельскохозяйственных культур совпадает с устойчивым переходом температуры воздуха через 10 ^{0}C. В это же время создаются условия, благоприятные для посева теплолюбивых культур: хлопчатника, кукурузы.

Весенний переход температуры воздуха через 10 ^{0}C по равнинной территории бассейна осуществляется также ранее в Бухарской зоне и Ахалской зоне планирования, в 3-й декаде марта, на остальной территории в первой декаде апреля. Продолжительность периода с температурой воздуха выше 10 ^{0}C в среднем составляет 170-200 дней, выше 15 ^{0}C от 145 до 180 дней.

Наблюдается увеличение количества дней с температурами > 5 ^{0}C, > 10 ^{0}C и > 15 ^{0}C (рис. 111)

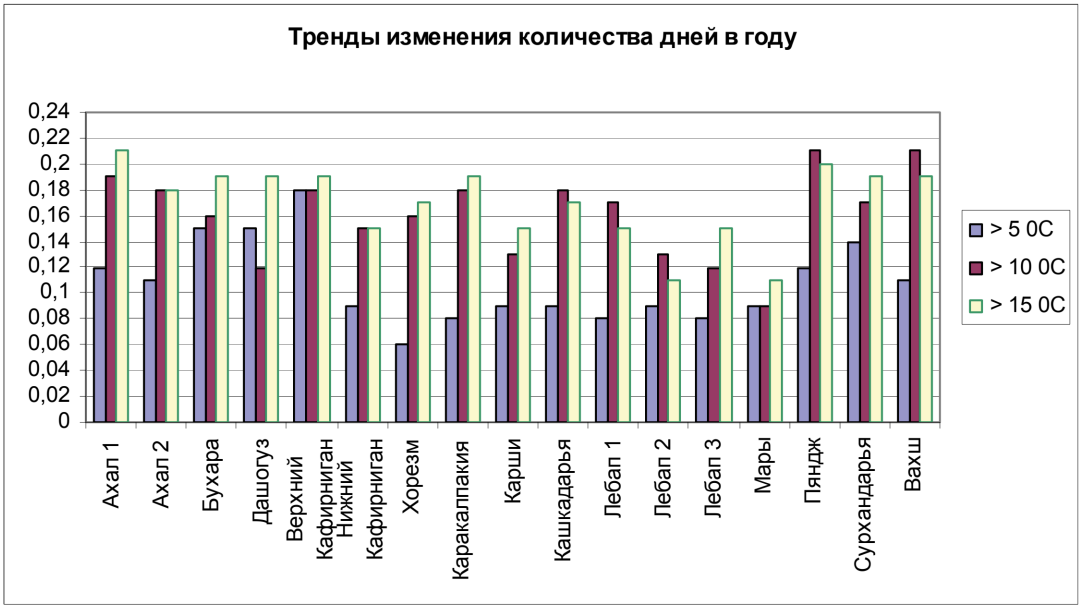


Рис. 112. Тренды изменения количества дней в году к 2050 году с температурой > 5 ^{0}C, > 10 ^{0}C, > 15 ^{0}C

На рисунке 113 представлен тренд изменения даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5 ^{0}C, 10 ^{0}C и 15 ^{0}C рекомендованной для проведения сева многих сельскохозяйственных культур (табл. 78) в том числе хлопчатник, кукуруза, рис, многие овощи и т.д.

Таблица 78

Оптимальные температуры воздуха для сева сельхоз. культур

№ п п	Культура	t^0 сева	№ п п	Культура	t^0 сева	№ п п	Культура	t^0 сева
1	Арахис	12.00	13	Сладкая дыня	15.00	25	Ранний Рис	10.00
2	Бобовые	12.00	14	Сладкий перец	10.00	26	Поздний Рис	10.00
3	Виноград столовый	8.00	15	Сорго	10.00	27	Сады	5.00

4	Капуста	5.00	16	Соя	10.00	28	Кустарник	5.00
5	Картофель	10.00	17	Тыква большая	13.00	29	Бобовые-повторная	10.00
6	Кукуруза на зерно	10.00	18	Томаты	12.00	30	Картофель-повторная	10.00
7	Люцерна Осредненная	5.00	19	Арбуз	15.00	31	Свекла-повторная	10.00
8	Мелкие овощи	9.00	20	Хлопок ранний	10.00	32	Бахча-повторная	10.00
9	Морковь	8.00	21	Хлопок средний	10.00	33	Овощи-повторная	10.00
10	Подсолнечник	8.00	22	Хлопок поздний	10.00	34	Кукуруза-силос-повторная	10.00
11	Пшеница озимая	5.00	23	Кукуруза на силос	10.00	35	Рис-повторная	10.00
12	Сахарная свекла	10.00	24	Рис	10.00			

Даты устойчивой температуры определялись по фактическим климатическим данным базового периода и по результатам моделирования REMO

Прослеживается абсолютно ясный тренд более раннего наступления рекомендованной даты сева (табл. 78). Ожидаемые отклонения от базового сценария по температуре устойчивого перехода через 5 ^{0}C (срок сева пшеницы, люцерны, капусты и др.) составляют (табл. 79) по сценариям REMO составляют от 1 до 8 дней по зонам планирования в сторону зимнего периода.

По температуре устойчивого перехода через 15 ^{0}C к 2030-2050 году смещение составит 0-6 дней в весенний период, смещение перехода через 10 ^{0}C составит 1-6 дней.

Для всех зон планирования прогнозируется более раннее прохождение критических температур, кроме ЗП Мары и Пяндж.

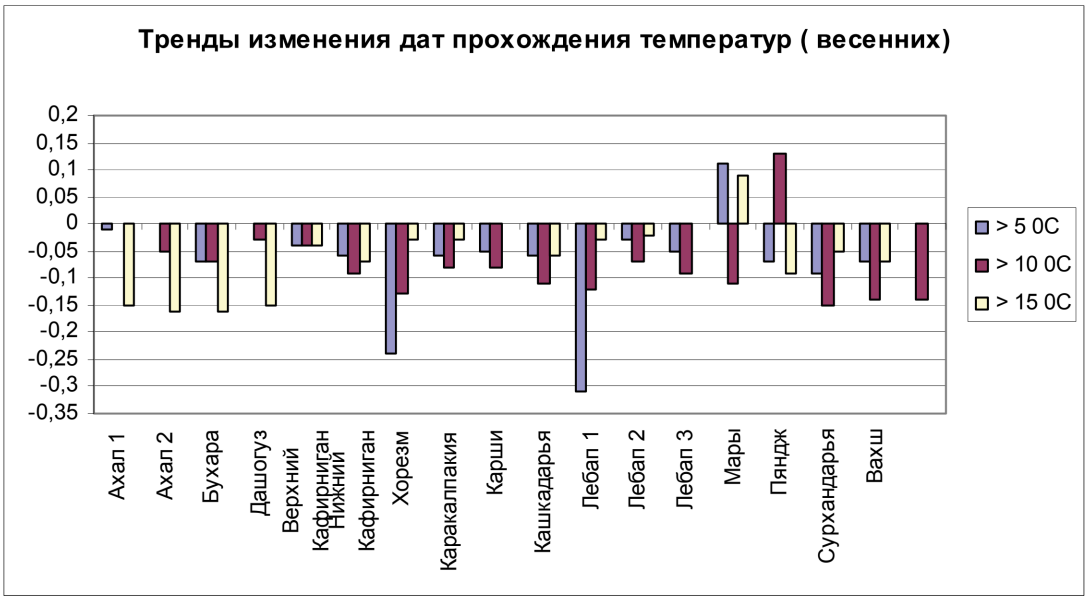


Рис. 113. Тренды изменения дат прохождения критических температур

Использование в анализе трендов изменения параметров (рис.113.) позволяет исключить вес конкретного года в тенденциях изменения и более объективно достоверно описать тренд температурного хода за длительный период. При применении этой операции происходит сглаживание наблюденных данных. Тренды изменения параметров демонстрируют скорость их изменения.

Раннее наступление прогревания воздуха, прогнозируемое позволяет сдвинуть начало вегетации к зиме.

Продолжительность вегетационных периодов культур

Термические ресурсы должны обеспечить ежегодное вызревание районированных сортов различных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в регионе.

Изменение климатических условий, увеличение температуры приведет к изменению срока накопления необходимой для вызревания культуры суммы эффективной температуры

Для прохождения каждой фазы развития растения, от всходов до цветения, плодообразования, созревания, растению необходимо нужное количество эффективной температуры, от чего зависит продолжительность фаз, продолжительность вегетации в целом и возможность корректировки водопотребления.

Для расчета продолжительности фаз собран исходный материал для базового периода по основным культур, выращиваемым в бассейне, включающий критические величины температур, суммы эффективных температур [8-13].

Известно, что рост и развитие растений проходит в непосредственной зависимости от, температурных данных. Каждое из сельскохозяйственных растений высевается или высаживается при определенной температуре воздуха (почвы) устойчивой в течение 3-4 дней и от сева до созревания проходит несколько фаз развития. Анализ полученных данных показывает, что в связи с изменением климата сроки сева изменяются. Для всех культур и по всем зонам планирования сроки сева сдвигаются по направлению к зимнему периоду (табл. 79). Сев согласно прогнозу модели REMO наступит раньше. Так для хлопчатника срок сева хлопчатника в 2050 году наступит по зонам планирования на 1-17 дней раньше по сравнению с 2000 годом, риса на 1-12 дней, бобовых культур на 2-13 дней, овощных (картофель) 1-17 дней. Весенняя вегетация озимой пшеницы наступит на 1-15 дней раньше (табл. 79).

Созревание растения наступает в случае набора определенной суммы эффективных температур, выше порога критической температуры

На основе исходных данных распределения суммы эффективных температур по фазам развития растений были определены продолжительности фаз, то есть время, необходимое для набора нужной температуры. Изменение климата повлияет на длительности времени набора температуры, то есть сформирует длительность всего вегетационного периода и каждой вегетативной фазы растения.

Полученные зависимости демонстрируют тренд уменьшения вегетационного периода к 2050 году по REMO практически для всех выращиваемых в бассейне культур (табл. 80).

Самые значительные изменения продолжительности вегетационного периода прогнозируются для среднеспелого хлопчатника 11-29 дней, для раннего и позднего

хлопчатника 9-21 день и 2-21 день соответственно, для риса – 4-27 дней. Для других культур прогноз менее значим: для пшеницы озимой 5-9 дней, кукуруза 7-11 дней, кукуруза на силос 3-9 дней, бобовые 2-10 дней, овощи (картофель) 8-17 дней (табл.80, рис.114-118). Изменения рассчитаны по формулам построенных трендов.

Таблица 79

Сроки даты сева по культурам

	бобовые	картофель	кукуруза на зерно	люцерна осредненная	пшеница озимая	сладкая дыня	хлопок ранний	хлопок средний	хлопок поздний	кукуруза на силос	рис	сады	кукуруза на силос-повторная	рис-повторная
Ахал 1	-3,3	-4,5	-4,5	0,2	-0,5	-9,3	-4,5	-4,5	-4,5	-4,5	-9,3	-0,5	-0,1	-0,1
Ахал 2	-7,5	-2,6	-2,6	0,2	-0,8	-6,7	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-6,7	-0,8	-0,1	-0,1
Бухара	-2,0	-0,6	-0,6	-1,4	-1,9	-10,9	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-10,9	-1,9	-0,1	-0,1
Дашогуз	-6,3	-2,3	-2,3	-1,7	-0,8	-6,0	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-6,0	-0,8	-0,1	-0,1
Верхний Кафирниган	-6,9	-4,1	-4,1	-9,1	-4,9	-3,9	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-3,9	-4,9	-0,1	-0,1
Нижний Кафирниган	-6,1	-7,9	-7,9	-7,0	-1,9	-3,2	-7,9	-7,9	-7,9	-7,9	-3,2	-1,9	-0,1	-0,1
Хорезм	-13,3	-15,0	-15,0	-11,2	-6,3	-12,1	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0	-12,1	-6,3	-0,1	-0,1
Каракалпакстан	-0,7	-9,5	-9,5	-9,9	-3,1	-0,2	-9,5	-9,5	-9,5	-9,5	-0,2	-3,1	-0,1	-0,1
Карши	-2,9	-4,9	-4,9	-6,6	-1,1	-6,1	-4,9	-4,9	-4,9	-4,9	-6,1	-1,1	-0,1	-0,1
Кашкадарья	-6,9	-6,9	-6,9	-5,0	-3,2	-5,5	-6,9	-6,9	-6,9	-6,9	-5,5	-3,2	-0,1	-0,1
Лебап 1	-10,8	-17,4	-17,4	-16,2	-15,1	-0,6	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4	-0,6	-15,1	-0,1	-0,1
Лебап 2	-3,6	-6,2	-6,2	-4,1	-0,9	-2,9	-6,2	-6,2	-6,2	-6,2	-2,9	-0,9	-0,1	-0,1
Лебап 3	-6,3	-4,6	-4,6	-6,3	-1,3	-3,4	-4,6	-4,6	-4,6	-4,6	-3,4	-1,3	-0,1	-0,1
Мары	-3,9	-5,0	-5,0	-2,3	-1,0	-1,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-1,8	-1,0	-0,1	-0,1
Пяндж	-7,8	-10,8	-10,8	-7,0	-2,6	-7,5	-10,8	-10,8	-10,8	-10,8	-7,5	-2,6	-0,1	-0,1
Сурхандарья	-5,2	-5,5	-5,5	-8,4	-3,8	-4,6	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5	-4,6	-3,8	-0,1	-0,1
Вахш	-7,5	-10,5	-10,5	-7,2	-2,5	-5,7	-10,5	-10,5	-10,5	-10,5	-5,7	-2,5	-0,1	-0,1

Таблица 80

Сокращение периодов вегетации по культурам

	бобо-вые	карто-фель	кукуруза на зерно	люцерна осредненная	пшеница озимая	сладкая дыня	хлопок ранний	хлопок средний	хлопок поздний	кукуруза на силос	рис	сады	кукуруза на си-лос-повтор-ная	рис-пов-тор-ная
Ахал 1	-5,6	-8,1	-7,2	-10,1	-7,4	-15,4	-9,3	-13,5	-21,3	-4,8	-8,5	9,9	-6,8	6,8
Ахал 2	-3,7	-8,1	-7,2	-9,6	-8,1	-16,0	-9,4	-13,1	-18,5	-4,7	-8,1	9,3	-6,4	6,4
Бухара	-6,5	-7,6	-7,5	-7,6	-5,6	-8,2	-9,3	-11,3	-15,4	-5,9	-3,9	8,3	-5,4	7,7
Дашогуз	-2,2	-8,4	-7,4	-9,6	-6,9	-13,4	-9,3	-12,0	-20,9	-4,6	-7,5	6,2	-6,0	4,1
Верхний Ка-фирниган	-10,5	-17,8	-15,1	-12,1	-4,9	-30,2	-21,5	-35,4	-18,2	-8,9	-26,7	9,1	-12,7	5,4
Нижний Ка-фирниган	-7,2	-8,9	-7,5	-8,3	-5,8	-21,5	-11,8	-25,4	-7,4	-2,7	-20,5	7,7	-8,7	1,5
Хорезм	-6,7	-8,7	-7,2	-6,0	-5,1	-10,7	-11,1	-25,4	2,8	-3,5	-14,0	8,1	-6,8	3,1
Каракалпакстан	-8,2	-8,1	-6,4	-6,1	-5,3	-11,9	-10,4	-24,7	5,2	-3,1	-19,8	9,1	-6,7	4,2
Карши	-7,8	-9,5	-8,1	-7,1	-5,5	-14,2	-12,2	-26,4	-2,6	-3,7	-17,4	6,7	-8,1	2,1
Кашкадарья	-7,2	-10,3	-8,6	-9,5	-4,9	-20,2	-12,3	-27,0	-7,6	-3,9	-19,2	9,1	-9,2	3,1
Лебап 1	-6,2	-7,7	-6,1	-6,2	-3,8	-14,1	-10,5	-25,7	2,5	-2,6	-18,1	8,2	-7,3	3,0
Лебап 2	-7,1	-8,5	-7,2	-7,5	-5,2	-13,9	-11,1	-26,3	2,6	-3,0	-18,8	6,2	-7,9	2,6
Лебап 3	-6,7	-10,3	-9,3	-7,4	-5,4	-16,2	-12,6	-27,9	-2,8	-4,5	-20,4	6,3	-8,1	2,0
Мары	-6,8	-9,6	-8,5	-8,7	-4,3	-14,7	-12,7	-28,0	0,6	-3,8	-20,2	5,1	-8,0	2,0
Пяндж	-8,1	-11,2	-9,0	-10,9	-6,9	-25,1	-14,0	-28,8	-12,4	-3,2	-21,9	10,5	-11,4	3,1
Сурхандарья	-9,8	-12,5	-10,9	-9,1	-5,1	-24,9	-15,9	-29,1	-12,3	-5,5	-22,0	8,7	-10,5	2,9
Вахш	-7,7	-8,8	-7,2	-9,6	-6,3	-23,5	-12,4	-25,4	-8,6	-1,9	-22,4	10,8	-10,4	2,7



Рис. 114. Сокращение периодов вегетации (хлопок ранний)



Рис. 115. Сокращение периодов вегетации (хлопок средний)



Рис. 116. Сокращение периодов вегетации (хлопок поздний)



Рис. 117. Сокращение периодов вегетации (пшеница озимая)



Рис. 118. Сокращение периодов вегетации (рис)

2.11.4. Расчет водопотребления и анализ результатов

Расчет водопотребления растений является основой определения объема водоподачи при составлении плана водопользования в практике.

Данные моделирование по РЕМО представлены нам Университетом Вюрцбург для всей территории бассейна Амударьи. Моделирование водопотребления проводилось на основе модели REQWAT, созданной в НИЦ МКВК на основе ФАО, выпуск 24, 56 [14, 15] с добавлением влияния подпитки из грунтовых вод. REQWAT используется для расчета водопотребления на некоторой площади. Для расчета используются карта зоны планирования, карта орошаемой территории, данные радарной съемки поверхности, почвенная карта, карта расположения скважин УГВ, данные по наблюдениям УГВ за ряд лет, Результаты представляются в виде декадных и месячных требований на воду для различных с/х культур, осредненные по всей исследуемой территории, или в виде карт годовых требований на воду для различных с/х культур.

Для расчета водопотребления в проекте выбраны следующие культуры:

1. Хлопчатник
2. Пшеница озимая
3. Рис
4. Кукуруза на зерно
5. Овощные: картофель, томаты, корнеплоды, бобовые, бахчевые
6. Садовые: фруктовые сады и виноградники
7. Кормовые: кукуруза на силос, люцерна
8. Прочие: масличные, сахарная свекла
9. Приусадебные участки
10. Бобовые - повторные
11. Овощи повторные
12. Кукуруза на силос
13. Рис - повторные
14. Свекла - повторные
15. Картофель - повторные
16. Бахча – повторные

Расчет водопотребления проводился для каждой культуры, после чего ряд культур был объединен в группы овощные, садовые, кормовые, прочие и повторные.

Расчет водопотребления производится по следующей формуле:

$$RW = ETc - EfRain - GWC \quad \textbf{(1)}$$

где:

RW - Водопотребление культуры за некоторый период времени

ETc - Испарение воды с поверхности культуры и с почвы под культурой

EfRain - Эффективная часть осадков

GWC - Подпитка из грунтовых вод

ETc рассчитывается по формуле :

$$ETc = \sum_{i=1:n} ETo_i * Kc_i \qquad (2)$$

где:

ETo_i - Эталонная эвапотранспирация в i-тый день периода расчета

Kc_i - Коэффициент культуры в i-тый день периода расчета

n - Количество дней в периоде расчета

i - Номер дня в периоде расчета

ETo рассчитывается по формулам Пенманна-Монтейта [14] и по методу Блейни-Криддла.

Kc - Коэффициент культуры, определяемый на каждый день расчетного периода. Определяется по таблицам выпуска . FAO 56.

В результате повышения термического потенциала, смещения дат сева культур к началу весны и сокращению общего времени вегетации, как было показано выше, происходит уменьшение водопотребления культур. Кроме того, определенный эффект в снижении водопотребления оказывает то, что согласно региональным климатическим сценариям, некоторые периоды вегетации, и что важно, начало вегетации, попадают в периоды с повышенной влажностью и интенсивными осадками.

Практически по всем областям (зонам планирования) бассейна Амударьи (табл. 81) наблюдается тенденция снижения водопотребления по основным культурам.

Значительней всего возможно ожидать снижение водопотребления по хлопчатнику (среднеспелому, ранне- и позднеспелому) по кукурузе на зерно и кормам.

Рис не рассматривается, так как он априори выращивается методом затопления чеков. Суходольный рис в нашей практике земледелия не рассмотрен.

Расчет водопотребления озимой пшеницы имеет тренд как снижения водопотребления, так и повышения. По-видимому, методика расчета для пшеницы требует доработки, прежде всего, требует уточнение суммы эффективных температур по фазам развития. Однако, проведенные исследования подтверждают, что учёт агромелиоративных параметров при оценке водопотребления позволяют уточнить возможные изменения водопотребления. Они показывают, что изменение климата имеет и положительный потенциал, за счет которых возможно снижение водопотребление конкретной культуры.

Таблица 81

Изменение водопотребления культур за период 2000-2050 гг.

	Каракалпакстан		Хорезм		Бухара		Карши		Кашкадарья		Сурхандарья	
	Средне	Прирост	Среднее	Прирост	Средне	Прирост	Среднее	Прирост	Средне	Прирост	Среднее	Прирост
Кукуруза/зерно	6898	-313	6854	-279	7099	-323	6763	-305	6723	-555	6681	-638
Пшеница озимая	1745	-141	1500	-243	2068	184	1809	275	1789	169	1800	202
Хлопок	6898	-313	10267	-702	10083	-379	10014	-675	10123	-1013	10002	-1244
Рис												
Овощи	7743	-161	7681	-220	7843	-343	7595	-251	7585	409	7530	-633
Сад/виноград	6158	131	5939	-479	6506	-281	6069	-120	6055	-204	6038	-232
Корма	6561	-202	6422	-473	6856	-293	6407	-135	6428	-301	6375	-436
Прочие	5970	36	5915	-27	6273	-286	5870	108	5861	-39	5817	-241
Повторные	5816	-287	5763	-324	5922	-305	5687	-350	5655	-378	5647	-571
Усадьбы	98174	107	9772	28	9849	-571	9685	-171	9662	-437	9580	-740

В качестве примера (рис. 119) приведены результаты расчета водопотребления по основным сельскохозяйственным культурам Каракалпакстана, самой северной сельскохозяйственной зоны бассейна Амударьи.

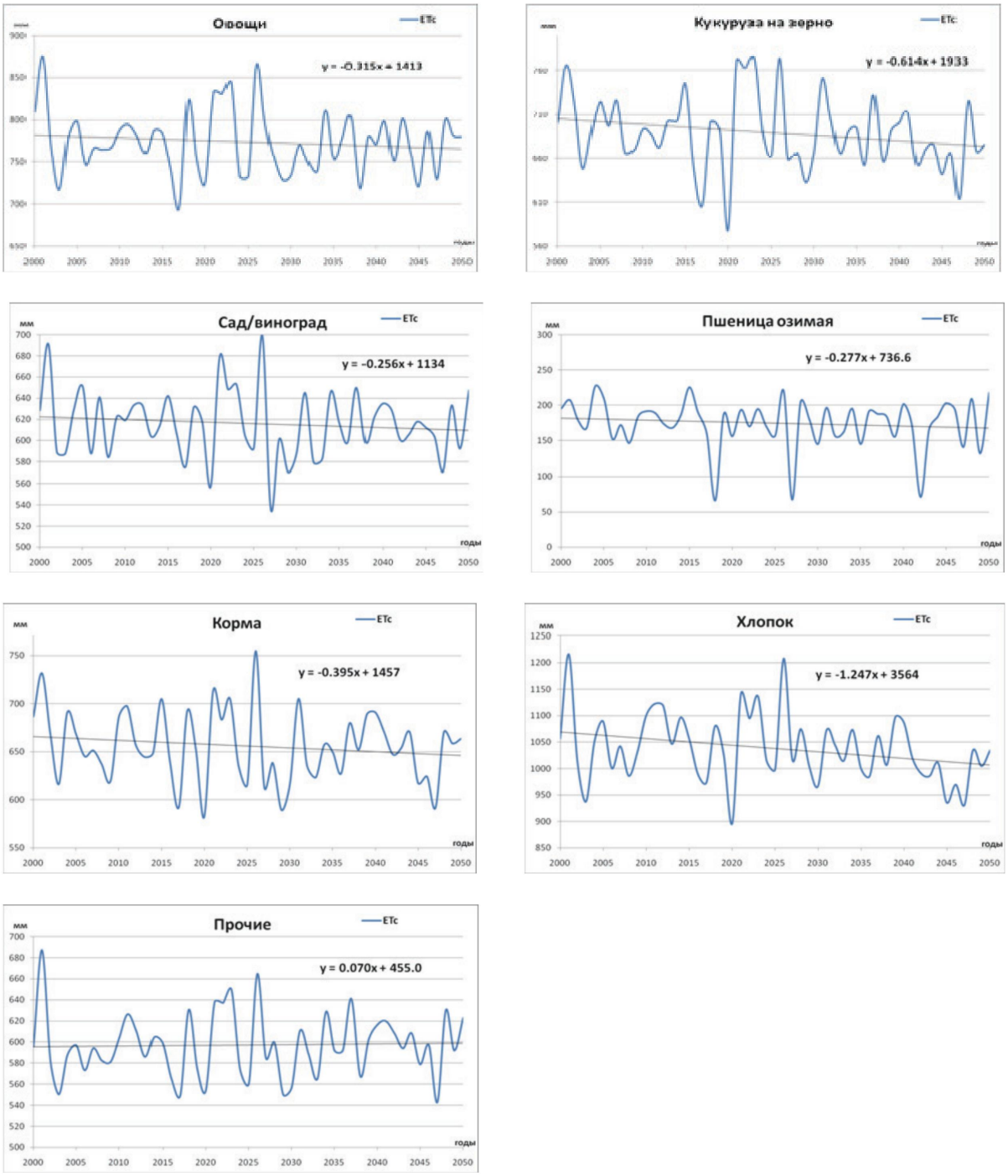


Рис. 119. Водопотребление сельхозкультур, Каракалпакстан

Выводы

1. На основе прежних натурных исследований в Ферганской долине и созданных на основе этого моделей роста, развития растений и водопотребления, установлено, что в противовес прежним расчетам, и нашим (Rivertwin) и многих других исследований, увеличение термического потенциала открывает возможности ускорения фаз

развития растений, специфических для каждой культуры, а также уменьшения величины водопотребления в среднем в пределах 5-10 %.

2. Для переноса этого метода в натуру в различных зонах и регионах бассейна Амударьи, также как и всей Центральной Азии, необходимо организовать в каждой зоне практическую адаптацию данного метода на базе развития местных метеостанций, определения (или уточнения) коэффициентов каждой культуры, а также конкретной привязки технологии возделывания фаз.

3. Одновременно эти практические работы смогут сопровождать возможность подбора более приемлемых к новым условиям сортов растений.

2.12. Перспектива развития водохозяйственного комплекса реки Амударьи

Как было установлено в предыдущих разделах, в бассейне имеется несколько принципиальных вызовов, определяемых действиями дестабилизирующих факторов, которые будут определять нагнетание возможных рисков устойчивому водообеспечению бассейна. Таких факторов можно определить, в основном пять, хотя появление других пока себя не проявивших, не исключено. Это в первую очередь, **изменение климата,** которое сулит уменьшением водных ресурсов и определённым воздействием на водопотребление орошаемых земель, это **демографический рост населения** в целом и удельное потребление воды и развитие санитарии более высокого уровня, чем в сельской местности. Это различные темпы и направленность **социально-экономического прогресса,** специфического для различных стран и различных зон региона, будут определяться структурой и ориентацией экономики, но особенно сельскохозяйственного развития и его принципиальной части с позиций воды - орошаемым земледелием с широким набором альтернатив, часть которых представлена в соответствующем разделе (Ш. Муминов).

Кроме трёх сценариев состава культур, нацеленных или на сохранение существующих тенденций, или на само обеспечение продуктовой безопасности , либо на экспортную ориентацию, большое значение будет иметь степень внедрения инноваций и ворошение и в аграрное производство, а также глубина переработки сельхозпродукции.

Судя по линии, провозглашённой президентом Ш.М. Мирзиёевым в текстильной промышленности, Узбекистан будет ориентироваться на законченную переработку всего производимого сельхозсырья, что опять-таки потребует дополнительных затрат воды.

Среди других ожидаемых факторов ожесточения водного баланса бассейна следует ожидать подробно рассмотренное выше увеличение отбора воды Афганистаном в пределах в целом 6 км^3 на уровне 2035-2045 годов, что вдвое превышает нынешний уровень водозабора из непосредственно ствола и действующих притоков.

Наконец, обязательные, но пока неопределённые по размеру и составу гидросооружений мероприятия, которые постоянно фигурируют в долгосрочных планах и Афганистана, и Таджикистана по развитию своего гидроэнергетического потенциала на реках Пяндж, Вахш и самой Амударьея, могут внести серьёзные коррективы в водный баланс бассейна. По крайней мере, в обозримом будущем, определяемым рамками данного проекта, можно ожидать завершение строительства Рогуна и ещё пару ГЭС на

Вахше и возможного начала строительства одного из двух решающих узлов на Пяндже – Даштиджумской ГЭС или даже Верхне-Амударьинской ГЭС на Амударье. Конечно, всё будет зависеть от доброй воли государств, делящих воду Амударьи и их стремления поддержать инициативу Президента Ш. Мирзиёева о совместном развитии потенциала водохозяйственного комплекса Аральского бассейна. В любом случае, любые масштабы гидроэнергетического прогресса будут связаны с затратами на наполнение этих водохранилищ, которые могут быть тем более приемлемыми, чем выше будет степень сотрудничества между странами.

Ещё один пока непонятный с позиций будущего аспект развития открывается в связи с китайской инициативой «Один пояс – один путь» (OBOR) – который может представить широкую перспективу взаимодействия стран региона с использованием потенциала технического и инвестиционного государств двух членов ШОС – Китая и России.

При нынешнем возможном потенциале знаний и предполагаемом состоянии взаимодействия стран для среднемноголетнего уровня водообеспечения бассейн будет иметь как минимум уменьшение ресурса к 2040 в 2,6 км^3 под влиянием изменения климата, 3 км^3 - вследствие увеличения отбора из Амударьи Афганистана. Более 1 км^3 потребуется по причине увеличения населения как минимум на 10 миллионов человек и столько же для обеспечения роста промышленного производства и сферы обслуживания с целью занять это население. Даже при условии чёткого согласования режимов наполнения новых водохранилищ, как предлагается Таджикистаном для наполнения Рогуна, изъятия недобираемого ими лимита воды в 2 км^3, общий дефицит ресурса воды для года средней водности составит **9,6-10 км^3**! Но с учётом колебаний стока бассейна малой Амударьи даже за период 2010-2017 года в диапазоне 51–73 км^3, в отдельные годы Амударья будет иметь нехватку воды **в 20 км^3.**

Чем же могут страны бассейна покрыть этот дефицит?

1. Сокращение потерь стока в русле реки является одним из самых крупных резервов водообеспечения. В настоящее время потери в русле вместе с объёмом невязок колеблются от **5,756 км^3** в маловодный год до **16,2 км^3** в многоводный год при нормативе, установленном протоколом МКВК, **9.03-9.23 км^3**. Следует отметить, что как показало сравнение суммы потерь и невязок стока до независимости и после независимости, средние затраты стока на эти потери увеличились почти вдвое. Это показывает, что при наведении порядка в учёте воды на межгосударственном уровне путём внедрения системы постоянной регистрации стока внедрением системы SCADA, по аналогии с установленной в верхнем и среднем(частично) течении реки Сырдарьи, то мы можем получить повышение точности регистрации отбора воды из реки в среднем на 8 % с $\pm$10 до $\pm$2 %!!! Это позволит «поймать» как минимум **3-4,4 км^3** в год при стоимости капвложений ориентировочно 23 миллиона долларов при средней стоимости кубометра сэкономленной воды около 0.5 цента!!! Это является первостепенной задачей для бассейна реки и для всех стран бассейна с позиций противостояния нарастающему водному дисбалансу.

2. Наведение порядка и повышение **точности учёта воды в магистральных и межхозяйственных каналах** в каждой из стран и в каждой из зон планирования может дать существенную прибавку в пополнение дефицита. По данным водного баланса зон планирования и магистральных каналов, величины потерь и невязок в балансах воды за средний год дают следующие объёмы фактических потерь в миллионах м^3 в год:

Узбекистан		5119
Сурхандарья	132	681
Карши	464	728
Бухара	771	1210
Хорезм	109	489
Каракалпакстан		719
КМК		860
АБМК		540
Туркменистан		9940
Мары		2277
Ахал		1759
Лебап		18
Дашауз		1200
ККК		4286
Таджикистан		308

Всего по зонам планирования (без внутрихозяйственной сети) и магистральным каналам 19 367. Доведение КПД этого вида сети до норматива в 0,7 позволит сохранить **3.7 км^3**.

3. Переход на режим многолетнего регулирования стока при завершении строительства Рогуна и увязки режима работы имеющихся внутрисистемных водохранилищ с режимами русловых могут повысить равномерность работы всего водохозяйственного комплекса и восполнить провалы маловодных лет, по крайней мере, **в половину** их наблюдаемых отклонений. Непременным условием такого подхода является повышение точности долгосрочных прогнозов и в первую очередь увеличение достоверности годичных прогнозов как климатических, так и гидрологических.

4. Переход с энергетического (максимальная выработка электроэнергии в осенне-зимний период) **на энерго-ирригационный** (максимальная выработка за год) **режим работы Нурекской ГЭС**, дающий рост годовой выработки электроэнергии для Таджикистана и снижение/ликвидацию дефицитов воды в орошаемом земледелии Туркменистана и Узбекистана. Переход на энерго-ирригационный режим может быть осуществлен при условии организации сезонных перетоков электроэнергии между странами (в пределах единого энергетического рынка ЦА), ликвидирующих зимний дефицит, за счет летних избытков электроэнергии.

5. Учёт положительного влияния изменения климата на рост растений и сокращение возможное фаз вегетации открывает широкую перспективу для пересмотра технологии и поливных норм выращивания различных растений. Реализация этого подхода потребует более интенсивное оснащение Бассейновых управлений на провинциальном уровне сетью климатических станций (приблизительно одна станция на 10-12 тысяч гектар с охватом 2-3 АВП) и специальной технологической службой прогнозирования водопотребления с тем, чтобы улавливать колебания климатических отклонений и оперативно информировать фермеров для принятия соответствующих

мер. По опыту внедрения подобной службы в Ферганской долине возможная экономия воды на основе пересмотра нормативов водопользования и режимов орошения сельхоз культур составляет 12-15 % водопотребления нетто или ориентировочно 700-800 м^3/га. Даже при внедрении подобной консультативной службы на 200 тысячах гектарах орошаемых земель, потребный размер водоподачи может быть сокращён на **1,4-1,6 км^3.**

6. Увеличение использования сбросных и коллекторно-дренажных вод является одним из наиболее простых и доступных для реализации направлений вовлечения водных резервов. Всего в бассейне, насчитывается 14 км^3 возвратных вод, из которых в озёра сбрасывается 7,39 км^3, а. в русло Амударьи – 4,94 км^3. Таким образом, по крайней мере, около 2 км^3 может быть вовлечено в использование непосредственно в виде ресурса при минерализации менее 2 г на литр или смешением с оросительной водой при минерализации более 2 г на литр.

Такая схема была разработана в НИЦ МКВК (О. Эшчанов) для недопущения сброса коллекторно-дренажных вод Озёрного коллектора. Очевидно, что существующие озёра на коллекторно-дренажной воде и проектируемые вроде Золотого озера в Туркменистане должны быть рассмотрены с позиций сохранения и поддержания экологической стабильности этих водоёмов на основе соблюдения баланса поступления и выноса воды и солей.

7. Создание платформы водосбережения – как средства общественного движения за выживание в условиях грядущего водного дефицита представляется мощным движителем широкого вовлечения водопользователей и водопотребителей, а значит практически всего общества в достижение необходимых, общественно воспринимаемых и понимаемых рубежей экономного расходования воды.

Бесспорно, имеющийся опыт создания бассейновых общественных советов управления должен лечь в основу привлечения крупных организаций водопотребителей, которые формируют Совет, состоящий из представителей всех организаций, как бы много их не было, в сферу планирования и контроля режимов регулирования реки и распределения их ресурсов.

При этом такому вовлечению целесообразно придать иерархическую структуру участия соответственно иерархии распределения и потребления воды. Первоначально ядро платформы должны составит группа мыслителей, идеологов, возможно из опытных бывших руководителей отраслей, ныне вовлечённых в науку и анализ, совместно с участием молодых организаторов, заражённых энтузиазмом инновационных подходов, чтобы совместно с руководством БВО продумать дальнейшую концепцию работ этого неправительственного объединения, его идеологию и целевую аудиторию. Они же должны выработать программу работ для различных слоёв участников, которые будут включены в эту работу, а также план взаимодействия и общественного осведомления – почему, зачем нужен этот план действий, кто получит от него выгоду, какая может быть польза от его осуществления на разных этапах. Иерархия платформы желательно конструируется на верхнем уровне из представителей мыслящих ячеек четырёх стран, профессионалов водников, экономистов, энергетиков и экологов, совместно с представителями руководства БВО и его территориальных управлений, но непосредственная деятельность проводников водосбережения должна лечь на плечи стейкхолдеров следующего уровня иерархии: территориального и увязанного с ним национально–провинциального.

Здесь попутно с организационными мероприятиями по увязке водосберегающих задач территориальных управлений и провинциальных бассейновых управлений, должны быть подобраны нужные представители различных стейкхолдеров для вклю-

чения их в Советы водопользователей на территориальном уровне, так и в целом Совета бассейна Амударьи. Эти включат собственников основных определяющих сооружений – ГЭС, дельтовых комплексов, водоснабженческих сооружений, администрации районов и областей или их представителей в виде сельхоз управлений и Департаментов охраны природы и т.д. Особо следует продумать вовлечение местных научных и образовательных учреждений, как мозговой центр действий.

Создание платформы требует выработки определённой методической основы в виде, с одной стороны, анализа путей водосбережения, а с другой стороны – опоры в виде водной дипломатии, которою будут оперировать как государственные игроки, так и в первую очередь вовлекаемые в помощь им НПО. При этом подбор участников общественности должен производится не по принципу «кто громче кричит», а исходя из возможности анализировать, работать и продвигать общие идеи на совершенно определённом участке или отрезке или секторе водного объекта, предприятия, комплекса. Первоочередные шаги по выработке платформы включат определение специфических для каждого территориального управления или связанного с ним провинциального или местного подразделения набора узких мест, резервов водосбережения, а главное – источника учёта воды. Очень важно наладить открытый обмен данными, которые позволят выявлять главный бич в неуправляемости попусков и водозаборов – невязки в потребностях разных уровней иерархии и их обеспечением, отклонения от согласованных графиков распределения и попусков. Это, в конечном счёте, позволит создать согласованные механизмы взаимодействия, исключающие или, по крайней мере, уменьшающие любые непродуктивные затраты воды, а также выявляющие невязки, в показателях расходов створов, замеряемых различными исполнителями. Имеется уверенность, что постоянное взаимодействие на разных уровнях, направленное на одну цель – достижение устойчивого водосбережения, выработает и укрепит доверие и взаимопонимание различных категорий стейкхолдеров, которое позволит далее развивать участие в совместном планировании и управлении, а также создаст определённое направленное воздействие на единство политических действий в водном хозяйстве.

8. Повышение адаптивности и эффективности правовой и институциональной базы сотрудничества для работы в условиях изменения климата и других изменяющихся условиях – является важной предпосылкой для мирного и рационального использования водных ресурсов Амударьи в будущем. Высокая адаптивность системы предполагает возможность корректировки имеющихся правил и процедур для учета новых обстоятельств, данных и знаний, а также возможность корректировки существующих методов управления перед лицом изменяющихся условий. Требуется комплексная и системная работа по трем направлениям: (i) совершенствовать имеющиеся соглашения и обеспечивать их неукоснительное соблюдение; (ii) активно, осознанно и грамотно участвовать в процессах правотворчества и правоприменения и не допускать поведения, противоречащего нормам и принципам международного права; (iii) повышать правосознание и правовую культуру. В случае успешности данных мероприятий, реальным мерилом эффективного правового регулирования в бассейне Амударьи будет не совокупное количество принятых договоров, протоколов и деклараций, а формирование правовых отношений, которые позволят правовому режиму развиваться и совершенствоваться эволюционно в ответ на изменяющиеся потребности и обстоятельства.

Список использованной литературы

1. Агальцева Н.А. Оценка влияния климатических изменений на располагаемые водные ресурсы в бассейне Аральского моря. / Диалог о воде и климате: исследование случая бассейна Аральского моря, Ташкент, 2002. с. 3-59.
2. Агальцева Н.А., Пак А.В. Адаптация модели формирования стока в условиях информационного дефицита для будущей оценки климатических влияний на водные ресурсы // Климатические сценарии, оценка воздействия изменения климата. Бюллетень № 6. – Ташкент: НИГМИ, 2007. – С. 38 -43.
3. Агальцева Н.А., Болгов М.В и др., Оценка гидрологических характеристик в бассейне Амударьи в условиях изменения климата. Метеорология и гидрология, 2011, №10
4. Бисвас А. Системный подход к управлению водными ресурсами, М.: Главная редакция физико-математической литературы. 1985 г.,
5. Бабушкин Л.Н. О климатической характеристике летней воздушной засухи и суховеев в хлопковой зоне Узбекистан / Суховеи и их происхождение и борьба с ними. 1974. С. 59-64.
6. Биоклиматология бобовых и злаковых трав: клевер, тимофеевка, люцерна, вика, люпин, овсяница, соя, чина. / Под ред. И.Г.Грингоф. –Л.: Гидрометеоиздат, 1981.- 129 с.
7. Вопросы агрометеорологии / Труды Среднеазиатского регионального научно-исследовательского института им. В.А.Бугаева. Вып. 88 (169) / Под ред. к.г.н. В.В.Карнауховой. - М.: Гидрометеоиздат, 1983. – 144 с.
8. Вопросы агрометеорологии /Труды Среднеазиатского регионального научно-исследовательского института им.В.А.Бугаева. Выпуск 67 (148) / Под ред. к.геогр.н. П.А.Ана и Х.М.Абдуллаева - М.: Гидрометеоиздат, 1979. – 124 С.
9. Второе Национальное сообщение Республики Узбекистан по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, Ташкент, 2008 г., 205 стр.
10. Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии (сводный доклад) / ЕАБР и ИК МФСА Алматы, 2009
11. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов Средней Азии на период до 2000 года и более отдаленную перспективу. Саогидропроект, 1983.
12. Денисов М. В., Агальцева Н. А., Пак А. В. Автоматизированные методы прогнозов стока горных рек Средней Азии. Ташкент, 2000 г., САНИГМИ, 160 с
13. Исследования Всемирного банка. Энергетический кризис в Таджикистане в зимний период. 2013
14. Кульков О.П. Агроклиматические ресурсы субтропического плодоводства Узбекистана./ Отв. ред. д.с.-х.н. И.М.Мирзаев. - Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1976. – 52 С.

15. Норматов И.Ш., Петров Г.Н. Экономические вопросы развития гидроэнергетики Таджикистана. Душанбе, 2007.

16. Оценка будущего состояния водных ресурсов на основе климатических сценариев REMO. Проект CAWa 2. НИГМИ, 2014.

17. Петров Г.Н. Оптимизация режимов работы гидроузлов с водохранилищами. Душанбе, 2009.

18. Петров Г.Н, Ахмедов Х.М. Малая гидроэнергетика Таджикистана. Академия наук Таджикистана. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии. Душанбе, 2010.

19. Петров Г.Н Экономика гидроэнергетики. Душанбе, 2009.

20. Петров Г.Н Оптимизация режимов работы гидроузлов с водохранилищами. Душанбе, 2009.

21. Программа экономического развития Республики Таджикистан на период до 2015 г.

22. Программа реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 г., 2015.

23. Стратегия водного сектора Республики Таджикистан, 2006.

24. Сельское хозяйство Узбекистана, 2015. Статистический сборник

25. Сорокин А.Г. Рекомендации по эффективному управлению водными ресурсами реки Амударьи в различные по водности годы. Министерство сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан, НИЦ МКВК, Ташкент, 2006 г.

26. Сорокин А.Г. Управление водным и наносным режимами водохранилищ бассейна Амударьи: инструменты и оценка. Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе. Труды международной научной конференции, Москва, 2006 г.

27. Справочник средних многолетних климатических и агрометеорологических данных по Узбекской ССР / Управление гидрометеорологической службы Узбекской ССР.– Ташкент, 1975. – 41 с.

28. И.В.Свисюк, Г.Г.Васенина Погода и урожай овощных культур.- Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 112 с.

29. Таджикистан: Ситуативный анализ социально-экономического развития в условиях изменения климата. РЭЦЦА., 2005

30. Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов Амударьи. Средазгипроводхлопок, 1984.

31. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. Ташкент, 2000. 252 с.

32. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент, «Voris-Nashriyot». 2007. 132 стр.

33. Шульц В.Л, 1965. Реки Средней Азии.

34. Arthur Lutz, 2016. Impact of climate change on the hydrology of High Mountain Asia. Published by Faculty of Geosciences, Utrecht University, The Netherlands, in: Utrecht studies in earth sciences (USES), ISSN 2211-4335.

35. Crop water requirements FAO irrigation and drainage paper, 24. Rome, 1992. - 144 p.

36. Crop evapotranspiratuion Guidelines for computing crop water requirements FAO irrigation and drainage paper, 56. Rome, 1998. - 301 p.

37. Chub, V.Ye. Climate change and its impact on hydrometeorological and agroclimatic processes and on water resourses in the Republic of Uzbekistan. "Voris-nashriyot", Tashkent, 2007

38. Dukhovny V.A. (Ed.) Regional Model of Integrated Water Resources Management in Twinned River Basins – Rivertwin. Tashkent, 2008. SIC ICWC, 188

39. Fields D., Kochnakyan A., Mukhamedova T., Stuggins G., Besant-Jones J. Tajikistan's Winter Energy Crisis: Electricity Supply and Demand Alternatives. World Bank Study. Washington. 2013.

40. Grey D., Sadoff. C.W. Sink or Swim? Water security for growth and development. Water Policy // Official Journal of World Water Council, 2007. Volume 9, Number 6, pp.545-571.

41. Hundecha Y., Bardossy A. Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model. Journal of Hydrology, 2004. 292, c 281-295.

42. .Interstate Water Resource Risk Management. Towards a Sustainable Future for the Aral Basin. Edited by O. Olsson and M.Bauer. EC. IWA Publishing, London -New-York. 2010

43. Stulina G., Madramootoo C. (2005) Adaptation Water Resources Management to climate change condition in Aral Sea Basin, Alberta.

44. Stulina G., Usmanov V. (2002) What is to expert in agriculture in view of climate change. Dialogue on water and climate: Aral Sea Basin case study, Project N 12.130.021, Tashkent

45. Stulina G.V.,Solodkiy G.F. Adaptation of water planning to climatic and hydrogeological changes: the use of water and land resources and environmental problems in the EECCA region in context of climate change, Collection of scientific papers, SIC ICWC, Tashkent, 2011, 46-59.

46. Stulina, G. and Solodkiy, G.. The Effect of Climate Change on Land and Water Use. Agricultural Sciences, 6, 2015, 834-847. dx.doi.org/10.4236/as.2015.68081

47. The Turkmen lake Altyn Asyr, 2009.

Приложение

Модель зоны планирования: модули, переменные, алгоритмы

Усовершенствованная модель зоны планирования включает следующие модули:

Расчет водного баланса (В1),

Расчет производства продукции орошаемого земледелия (В2),

Социально-экономическая оценка (В3)

Модуль « Расчет водного баланса» (В1) включает следующие блоки:

В1.1 Блок « Обработка исходных данных»

В1.2 Блок « Расчет требуемого водопотребления»

В1.3 Блок « Расчет располагаемых к использованию водных ресурсов»

В1.4 Блок « Сведение водного баланса и определение расчетного водопотребления»

В1.5 Блок « Обработка и вывод расчетных данных»

Модуль « Расчет производства продукции орошаемого земледелия» (В2) включает:

В2.1 Блок « Обработка исходных данных»

В2.2 Блок « Расчет потенциальной продукции орошаемого земледелия»

В2.3 Блок « Расчет продукции орошаемого земледелия и потерь продукции»

В2.4 Блок « Обработка и вывод расчетных данных»

Модуль « Социально-экономическая оценка» (В3) включает:

В3.1 Блок « Обработка исходных данных»

В3.2 Блок « Расчет дохода от реализации продукции орошаемого земледелия»

В3.3 Блок « Расчет добавленной стоимости»

В3.4 Блок « Расчет социально-экономических показателей»

В3.5 Блок « Обработка и вывод расчетных данных»

Переменные

Эндогенные переменные (Endogenous) - определяются моделью. Экзогенные переменными (Exogenous) - исходные данные пользователя (вводимые через интерфейс), данные из БД - сценарии, результаты расчета других моделей, справочная информация.

Индексы и массивы описывают: временные периоды, зоны планирования, источники водных ресурсов, потребителей водных ресурсов, с/х культуры. Индексы обозначаются в скобках после переменных.

Индексом месяца в гидрологическом году (который начинается с 1 октября) является m, а индекса месяца в календарном году n, индексом гидрологического года является y, а календарного года t, индексом зоны планирования является z, с/х культуры c, потребители водных ресурсов (сектора) обозначаются j, источники воды i.

Соответственно массивы обозначаются: M, N, Y, T, Z, J, I, C. В массивах Y и T выделяются: базовые периоды (для тестирования) - Yb, Tb и « прогноза» - Yf, Tf. Где: M = {oct,..sep}, N = {jan,…dec}, Y = {2010/2011,..2049/50}, Yb = {2010/2011,..2014/15}, Yf = {2015/2016,..2050/55}, T = {2011,..2055}, Tb = {2011,..2016}, Tf = {2016,..2055}, Z = {зоны планирования бассейна Амударьи}, J = {irr, ind, dom, fis}, I = {tra, loc, und, dra}, C = {cot, whe, ric, mai, veg, orc, for, oth, hom}.

Схемы расчета водозабора в зону планирования (модуль водного баланса):

Scheme # 1 – первоначальное удовлетворение требований из трансграничных водных источников

Scheme # 2 - первоначальное удовлетворение требований из местных водных источников

Элементы массивов модели зоны планирования

Обозначение	Наименование	Пояснения
C = { }	Crops	Элементы массива « с/х культуры»
cot	Cotton	Хлопчатник
whe	Wheat	Пшеница
ric	Rice	Рис
mai	Maize	Кукуруза на зерно
veg	Vegetables	Овощные: картофель, томаты, корнеплоды, бобовые, бахчевые
orc	Orchards	Фруктовые сады и виноградники
for	Forage	Кормовые: кукуруза на силос, люцерна
oth	Other	Прочие: другие зерновые и технические - масличные, сахарная свекла, табак и др.
hom	Homestead	Приусадебные
	Double crops	Повторные; в массив 9 культур не входят, но учи-

Обозначение	Наименование	Пояснения
		тываются через повышающие коэффициенты для: a) овощных (морковь, маш, бобовые, редька и др.), b) кормовых культур и c) 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, Таджикистан
vah	Vahshkaya	Вахшская ЗП, Таджикистан
pya	Pyandjskaya	Пянджская ЗП, Таджикистан
gba	Gorno-Badahshanskaya	Горно-Бадпхшанская ЗП, Таджикистан
uka	Up_Kafirnigan	Верхне-Кафирниганская ЗП, Таджикистан
dka	Down_Kafirnigan	Нижне-Кафирниганская ЗП, Таджикистан
ksh	Karatag-Shirkent	Каратаг-Ширкентская ЗП, Таджикистан
sur	Surhandarya	Сурхандаринская ЗП, Узбекистан
mar	Mary	Марыйская ЗП – Марыйская область, Туркменистан
aha	Ahal	Ахалская ЗП – Ахалская область, Туркменистан. Допущение: объем воды, поступающий по Гарагумдарье (Каракумскому каналу) в Балканскую область (бассейн Каспийского моря), учитывается в Ахалской ЗП (а также площади с/х угодий, орошаемых этой водой).
leb	Lebap	Лебапская ЗП, Туркменистан
kas	Kashkadarya	Кашкадарьинская ЗП, Узбекистан
kar	Karshi	Каршинская ЗП, Узбекистан
zar	Zarafshan	Зеравшанская ЗП, Узбекистан
sam	Samarkand	Самаркандская ЗП, Узбекистан
nav	Navoyi	Навоийская ЗП, Узбекистан
buh	Buhara	Бухарская ЗП, Узбекистан
hor	Horezm	Хорезмская ЗП, Узбекистан
skk	Karakalpak-South	ЗП Южный Каракалпакистан, Uzbekistan
nkk	Karakalpak-North	ЗП Северный Каракалпакистан, Uzbekistan
tas	Tashauz	Дошоузская ЗП, Туркменистан
ala	Alayskaya	Алайская ЗП, Кыргызстан
afg	Afganskaya	Афганская ЗП

Описание переменных блока «Расчет водного баланса»

Переменная	Обозначение	Ед.изм
Площадь орошения (нетто) под с/х культуру $c \in C$ для зоны планирования $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$F_{irrc}(c,y,z)$	га
Площадь орошения ЗП (нетто) для зоны планирования $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$F_{irr}(y,z)$	га
Коэффициент – отношение площади повторного использования с/х культуры к площади орошения, выделяемой под эту культуру, для зоны планирования $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$K_{retc}(y,z)$	
Площадь с/х культуры, посеянной на орошаемых землях, включая площадь повторного ее использования, для $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$F_c(c,y,z)$	га
Суммарная площадь с/х культур, посеянных на орошаемых землях, включая площадь повторных культур, для зоны планирования $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$F(y,z)$	га
Эталонная эвапотранспирация, $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$ET_o(m,y,z)$	мм мес -1
Коэффициент культуры $c \in C$, $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$K_c(c,m,y,z)$	
Эвапотранспирация отдельной культуры $c \in C$, $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$ET_c(c,m,y,z)$	мм мес -1
Эвапотранспирация культур, средневзвешенная по ЗП $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$ET(m,y,z)$	мм мес -1
Осадки $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$O(m,y,z)$	мм мес -1
Эмпирический коэффициент – отношение величины эффективной части осадков к величине осадков $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$K_{rain}(m,y,z)$	
Эффективная часть осадков $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$EfRain(m,y,z)$	мм мес -1
Подпитка из грунтовых вод $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WL_{gw}(m,y,z)$	мм мес -1
Требуемый для орошения слой воды (уровень поля), исключая промывку $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WL_{irr}(m,y,z)$	мм мес -1
Слой воды, требуемый для промывки орошаемых земель $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WL_{flu}(m,y,z)$	мм мес -1
Требуемый для орошения слой воды, включая промывку $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WL(m,y,z)$	мм мес -1
КПД оросительной системы и техники полива, $y \in Y$, $z \in Z$	$\eta(y,z)$	
Требуемый для орошения водозабор, исключая промывку $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{irr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Коэффициент – отношение промывных земель к площади орошения $y \in Y$, $z \in Z$	$K_{flu}(y,z)$	
Требуемый для промывки объем воды (водозабор) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{flu}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1

Переменная	Обозначение	Ед.изм
Требуемый водозабор на орошение, включая промывку $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{irfl}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Объем воды, требуемый для промышленности (водозабор) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{ind}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Объем воды, требуемый для бытовых нужд (водозабор) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{dom}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Объем воды, требуемый для прочих нужд: водоснабжение фермерских хозяйств и др. $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{oth}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Суммарный объем воды, требуемый для всех секторов (водозабор на границе ЗП) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{z}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Лимит на водозабор из трансграничных источников $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$Wli_{tr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Лимит на водозабор из локальных (местных) источников $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$Wli_{loc}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Лимит на водозабор $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$Wli\ (m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Возможный водозабор из локальных поверхностных водных ресурсов $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WP_{loc}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Возможный водозабор из трансграничных водных ресурсов $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WP_{tr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Возможный водозабор из подземных источников $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WP_{gr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Коэффициент – отношение объема повторного использования КДС к объему водозабора на орошение (исключая промывку) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$K_{rp}(m,y,z)$	
Возможный объем повторного (внутриконтурного) использование КДС в орошении $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WP_{rp}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Минимальный, технически возможный водозабор повторного использования КДС $y \in Y$, $z \in Z$	$WP_{rp\,\min}(y,z)$	млн.м3 мес -1
Максимально допустимый водозабор повторного использования КДС $y \in Y$, $z \in Z$	$WP_{rp\,\max}(y,z)$	млн.м3 мес -1
Располагаемые к использованию водные ресурсы $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$Wsum\ (m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Суммарный максимальный объем воды в водохранилищах, соответствующий НПУ $y \in Y$, $z \in Z$	$V_{\max}(y,z)$	млн.м3 мес -1
Суммарный минимальный объем воды в водохранилищах, соответствующий УМО $y \in Y$, $z \in Z$	$V_{\min}(y,z)$	млн.м3 мес -1
Потери воды в водохранилищах на испарение и фильтрацию (если Vlos < 0), фильтрационный приток в водохранилища (если Vlos < 0) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$Vlos\ (m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Суммарный объем воды в водохранилищах ЗП на начало месяца (полезный) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$V_{beg}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Суммарный объем воды в водохранилищах ЗП на конец	$V_{end}(m,y,z)$	млн.м3

Переменная	Обозначение	Ед.изм
месяца (полезный) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$		мес -1
Изменение объема воды в водохранилищах: наполнение (если dv > 0), сработка (если dv < 0), без изменения (если dv = 0) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$dV_{(m,y,z)}$	млн.м3 мес -1
Объем регулирования стока водохранилищами - разница между притоком к водохранилищам и сбросом воды из водохранилищ: изъятие стока (если dVr >0), прибавка к стоку (если dVr <0), транзит через водохранилища (если dVr =0) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$dVr_{(m,y,z)}$	млн.м3 мес -1
Располагаемые к использованию зарегулированные водные ресурсы $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WL_{(m,y,z)}$	млн.м3 мес -1
Водозабор из подземных источников (расчетный) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{gr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Повторное (внутриконтурное) использование КДС $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{rp}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор из трансграничных водных ресурсов $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{tr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор из локальных поверхностных водных ресурсов $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{loc}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Расчетное водопотребление (водозабор) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{(m,y,z)}$	млн.м3 мес -1
Дефицит воды в ЗП, рассчитанный по балансу $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$D_z(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Избытки воды в ЗП, рассчитанные по балансу $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$E_z(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Промышленный водозабор $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{ind}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Коммунально-бытовой водозабор $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{dom}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор для прочих нужд: водоснабжение фермерские хозяйства и др. $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{oth}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор на орошение и промывку земель $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{irfl}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор на промывку орошаемых земель $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{flu}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор на орошение (исключая промывку) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{irr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водообеспеченность орошаемых земель – отношение объема водозабора на орошение к требуемому (без учета промывки) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$K_{irav}(m,y,z)$	
Дефицит оросительной воды $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$D_{zirr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1

Переменная	Обозначение	Ед.изм
Потери оросительной воды $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$Los_{irr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Коэффициенты алгебраической функции (многочлена, полинома) – функциональной зависимости объема дренажных вод, сформированных в ЗП от водозабора на орошение (включая промывку орошаемых земель); в первом приближении – коэффициенты квадратичной функции (Y = ax2 + bx + c) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$a_{dr}(m,y,z)$ $b_{dr}(m,y,z)$ $c_{dr}(m,y,z)$	
Объем дренажных вод, сформированных на орошаемых полях ЗП $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{dr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Коэффициенты алгебраической функции (многочлена, полинома) – функциональной зависимости объема сточных вод, от суммарного водозабора в сектора не ирригационного водопотребления; в первом приближении – коэффициенты линейной функции (Y = ax + b) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$a_{was}(m,y,z)$ $b_{was}(m,y,z)$	
Объем сточных вод, сформированных в ЗП – водоотведение промышленных, бытовых (канализационных) вод, сточные воды фермерских хозяйств $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{was}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Общий объем дренажных и сточных вод, сформированных в ЗП $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{cds}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Локальные (местные) водные источники, поступающие в ЗП или формируемые в ней (часть локальных ресурсов, относящаяся к данной ЗП) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$WR_{loc}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Холостой сброс локальных (местных) водных источников – разница между локальными водными ресурсами и водозабором $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{idl}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Объем возвратных вод, сформированных в ЗП при использовании трансграничных и локальных (местных) водных источников $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{rt}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Объем КДС, поступающего из соседних ЗП $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{drfrom}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Коэффициент – отношение объема КДС, поступающего в соседние ЗП от общего объема возвратного стока $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$K_{drto}(m,y,z)$	
Объем возвратного стока, поступающего в соседние ЗП $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{drto}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Коэффициент – отношение объема КДС, поступающего в понижения и озера ЗП от общего объема возвратного стока $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$K_{drl}(m,y,z)$	
Объем возвратного стока, сбрасываемый в озера и понижения, расположенные в ЗП $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{drl}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Объем возвратного стока, сбрасываемый в трансграничные реки $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{drriv}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1

Алгоритмы блока «Расчет водного баланса»

Переменная	Формулы, уравнения
1. Расчет водного баланса (модуль B1)	
1.1. Обработка исходных данных (блок B1.1)	
Площадь орошения ЗП (нетто) – вычисление по формуле	$F_{irr} = \sum_{c \in C} F_{irrc}$
Площадь с/х культуры - вычисление по формуле	$F_c = F_{irrc} \times (K_{retc} + 1)$
Суммарная площадь с/х культур - вычисление по формуле	$F = \sum_{c \in C} F_c$
Эвапотранспирация отдельной культуры - ввод данных (чтение из БД) или вычисление по формуле (при наличии составляющих в БД)	$ET_c = ET_o \times K_c$
Эвапотранспирация культур, средневзвешенная по ЗП - вычисление по формуле	$ET = \sum_{c \in C} (ET_c \times F_c) \times F^{-1}$
Эффективная часть осадков - ввод данных (чтение из БД) или вычисление по формуле (при наличии составляющих в БД)	$EfRain = O \times K_{rain}$
1.2.Требуемое водопотребление (блок B1.2)	
Требуемый для орошения слой воды (уровень поля), исключая промывку - вычисление по формуле	$WL_{irr} = ET - EfRain - WL_{gw}$
Требуемый для орошения слой воды, включая промывку - вычисление по формуле	$WL = WL_{irr} + WL_{flu}$
Требуемый для орошения водозабор, исключая промывку - вычисление по формуле	$WN_{irr} = WL_{irr} \times \eta^{-1} \times F \times 10^{-5}$
Требуемый для промывки объем воды (водозабор) - вычисление по формуле	$WN_{flu} = WL_{flu} \times \eta^{-1} \times F \times K_{flu} \times 10^{-5}$
Требуемый водозабор на орошение, включая промывку - вычисление по формуле	$WN_{irfl} = WN_{flu} + WN_{irr}$
Суммарный объем воды, требуемый для всех секторов (водозабор) – вычисление по формуле	$WN_z = WN_{irr} + WN_{flu} + WN_{ind} + WN_{dom} + WN_{oth}$
Лимит на водозабор	
Лимит на водозабор – вычисление по формуле	$Wli = Wli_{tr} + Wli_{loc}$
1.3.Водные ресурсы (блок B1.3)	

Переменная	Формулы, уравнения
Возможный водозабор из локальных поверхностных водных ресурсов – ввод данных (чтение из БД) и проверка по неравенству	$WP_{loc} \le Wli_{loc}$
Возможный водозабор из трансграничных водных ресурсов - ввод данных (чтение из БД) и проверка по неравенству	$WP_{tr} \le Wli_{tr}$
Возможный объем повторного (внутриконтурного) использования КДС для орошения – вычисление по формуле и проверка по неравенствам	$WP_{rp} = K_{rp} \times WN_{irr}$ $WP_{rp\,\min} \le WP_{rp} \le WP_{\max}$
Располагаемые к использованию водные ресурсы – вычисление по формуле	$Wsum = WP_{tr} + WP_{loc} + WP_{gr} + WP_{rp}$
Объем воды в водохранилищах на начало месяца (полезный) - ввод данных (чтение из БД) и проверка по неравенствам	$V_{beg} \le (V_{\max} - V_{\min})$
Объем воды в водохранилищах на конец месяца (полезный) - ввод данных (чтение из БД) и проверка по неравенствам	$V_{end} \le (V_{\max} - V_{\min})$
Изменение объема воды в водохранилищах – вычисление по формуле	$dV = V_{end} + V_{beg}$
Объем регулирования стока водохранилищами – вычисление по формуле	$dVr = dV - Vlos$
Располагаемые к использованию зарегулированные водные ресурсы – вычисление по формуле	$WL = Wsum - dVr$
1.4.Уравнения водного баланса и вычисление переменных (блок В 1.4)	
Водозабор из подземных источников (расчетный) – вычисление по формуле	$W_{gr} = WP_{gr}$
Повторное (внутриконтурное) использование КДС – вычисление по формуле	$W_{rp} = WP_{rp}$
Расчет водозабора из трансграничных и локальных источников по схемам в пределах установленных лимитов	
Scheme # 1	
Водозабор из трансграничных водных ресурсов – проверка условий (по неравенствам) и вычисление по формулам	$W_{tr} = WP_{tr}$ *if* $WP_{tr} \le (WN_z - W_{gr} - W_{rp} + dVr)$ $W_{tr} = WN_z - W_{gr} - W_{rp} + dVr \ge 0$ *if* $WP_{tr} \ge (WN_z - W_{gr} - W_{rp} + dVr)$
Водозабор из локальных поверхностных водных ресурсов – проверка условий (по неравенствам) и вычисление по формулам	$W_{loc} = WP_{loc}$ *if* $WP_{loc} \le (WN_z - W_{gr} - W_{rp} - W_{tr} + dVr)$

Переменная	Формулы, уравнения
	$W_{loc} = WN_z - W_{gr} - W_{rp} - W_{tr} + dVr$ $if \;\; WP_{loc} \geq (\; WN_z - W_{gr} - W_{rp} - W_{tr} + dVr \;\;)$
Scheme # 2	
Водозабор из локальных поверхностных водных ресурсов – проверка условий (по неравенствам) и вычисление по формулам	$W_{loc} = WP_{loc} \;\; if \;\; WP_{loc} \leq (\; WN_z - W_{gr} - W_{rp} + dVr \;)$ $W_{loc} = WN_z - W_{gr} - W_{rp} + dVr \geq 0$ $if \;\; WP_{loc} \geq (\; WN_z - W_{gr} - W_{rp} + dVr \;\;)$
Водозабор из трансграничных водных ресурсов – проверка условий (по неравенствам) и вычисление по формулам	$W_{tr} = WP_{tr}$ $if \;\; WP_{tr} \leq (\; WN_z - W_{gr} - W_{rp} - W_{loc} + dVr \;\;)$ $W_{tr} = WN_z - W_{gr} - W_{rp} - W_{loc} + dVr$ $if \;\; WP_{tr} \geq (\; WN_z - W_{gr} - W_{rp} - W_{loc} + dVr \;\;)$
Расчетное водопотребление и дефицит воды	
Расчетное водопотребление – вычисление по формуле	$W = W_{tr} + W_{loc} + W_{gr} + W_{rp}$
Дефицит воды в ЗП – вычисление по формуле и проверка на ноль (при отрицательных значениях присвоение 0)	$D_z = WN_z - W \geq 0$
Избытки воды в ЗП – вычисление по формуле и проверка на ноль (при отрицательных значениях присвоение 0)	$E_z = W - WN_z \geq 0$
1.5.Обработка расчетных данных (блок В 1.5)	
Приоритеты и допущения	
Промышленный водозабор – вычисление по формуле	$W_{ind} = WN_{ind}$
Коммунально-бытовой водозабор – вычисление по формуле	$W_{dom} = WN_{dom}$
Водозабор для прочих нужд: водоснабжение фермерские хозяйства и др. – вычисление по формуле	$W_{oth} = WN_{oth}$
Водозабор на промывку орошаемых земель – вычисление по формуле	$W_{flu} = W_{flu}$
Расчет водозабора на орошение	
Водозабор на орошение и промывку земель – вычисление по формуле	$W_{irfl} = W - W_{ind} - W_{dom} - W_{oth}$
Водозабор на орошение (исключая промывку) – вычисление по формуле	$W_{irr} = W_{irfl} - W_{flu}$
Водообеспеченность орошаемых земель – вычисление по формуле	$K_{irav} = W_{irr} \times WN_{irr}^{-1}$
Дефицит оросительной воды – вычисление по формуле и проверка на ноль (при отрицательных значениях присвоение 0)	$D_{zirr} = WN_{irr} - W_{irr} \geq 0$

Переменная	Формулы, уравнения
Потери оросительной воды – вычисление по формуле	$Los_{irr} = W_{irr} \times (1 - \eta)$
Формирование возвратного стока	
Объем дренажных вод, сформированных на орошаемых полях ЗП – вычисление по формуле	$W_{dr} = a_{dr} \times W_{irfl} + b_{dr} \times W_{irfl} + c_{dr}$
Объем сточных вод, сформированных в ЗП – водоотведение промышленных, бытовых (канализационных) вод, сточные воды фермерских хозяйств – вычисление по формуле	$W_{was} = a_{was} \times (W_{ind} + W_{dom} + W_{oth}) + b_{was}$
Общий объем дренажных и сточных вод, сформированных в ЗП – вычисление по формуле	$W_{cds} = W_{dr} + W_{was}$
Холостой сброс локальных (местных) водных источников – разница между локальными водными ресурсами и водозабором – вычисление по формуле и проверка на ноль (при отрицательных значениях присвоение 0)	$W_{idl} = WR_{loc} - W_{loc} \geq 0$
Объем возвратных вод, сформированных в ЗП при использовании трансграничных и локальных (местных) водных источников – вычисление по формуле	$W_{rt} = W_{cdr} + W_{idl} + E_z$
Распределение возвратного стока	
Объем возвратного стока, поступающего в соседние ЗП - проверка условий (по неравенству) и вычисление по формулам	$W_{drto} = K_{drto} \times (W_{rt} + W_{drfrom} - W_{rp})$ $W_{drto} = 0$, if $(W_{cds} + W_{drfrom} - W_{rp} - W_{drto}) \leq 0$
Объем возвратного стока, сбрасываемый в озера и понижения, расположенные в ЗП - проверка условий (по неравенству) и вычисление по формулам	$W_{drl} = K_{drl} \times (W_{rt} + W_{drfrom} - W_{rp})$ $W_{drl} = 0$, if $(W_{cds} + W_{drfrom} - W_{rp} - W_{drto} - W_{drl}) \leq 0$
Объем возвратного стока, сбрасываемый трансграничные реки, пересекающие ЗП - проверка условий (по неравенству) и вычисление по формулам	$W_{drriv} = W_{rt} + W_{drfrom} - W_{rp} - W_{drto} - W_{drl} \geq 0$

Описание переменных блока «Расчет производства продукции орошаемого земледелия»

Переменная	Обозначение	Единицы измерения
Площадь с/х культуры, посеянной на орошаемых землях, включая площадь повторного ее использования, для $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$F_c(c, y, z)$	га
Требуемый для орошения водозабор, исключая промывку, по месяцам $m \in M$, годам $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{irr}(m, y, z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор на орошение (исключая промывку) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{irr}(m, y, z)$	млн.м3 мес -1
Потенциальная (нормативная) урожайность для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$Y_{\max c}(c, y, z)$	т / га
Коэффициенты в зависимостях $dY_c / Y_{\max c} = A_c \times (1 - dW_v / W_{vn}) + B_c$	$A_c(c, y, z)$	
	$B_c(c, y, z)$	
Урожайность для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$Y_c(c, y, z)$	т / га
Требуемая подача воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$W_{vn}(y, z)$	млн.м3 мес -1
Подача воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$W_v(y, z)$	млн.м3 мес -1
Дефицит воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$dW_v(y, z)$	млн.м3 мес -1
Потеря урожайности для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$dY_c(c, y, z)$	т / га
Потенциальная продукция (урожай) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$O_{\max c}(c, y, z)$	т
Продукция (урожай) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$O_c(c, y, z)$	т
Потери продукции (урожая) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$dO_c(c, y, z)$	т

Алгоритмы блока «Расчет производства продукции орошаемого земледелия»

Переменная	Обозначение, формулы, уравнения
1. Расчет производства продукции орошаемого земледелия (модуль В2)	
1.1. Обработка исходных данных (блок В2.1)	
Требуемая подача воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$ – вычисление по формуле (сумма по месяцам m вегетационного массива MV)	$W_{vn}(y,z) = \sum_{m \in MV} WN_{irr}(m,y,z)$
Подача воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$ – вычисление по формуле (сумма по месяцам m вегетационного массива MV)	$W_{v}(y,z) = \sum_{m \in MV} W_{irr}(m,y,z)$
Дефицит воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$ – вычисление по формуле	$dW_{v}(y,z) = W_{vn}(y,z) - W_{v}(y,z)$
1.2. Расчет потенциальной продукции орошаемого земледелия (блок В2.2)	
Потенциальная продукция (урожай) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$O_{\max c}(c,y,z) = Y_{\max c}(c,y,z) \times F_{c}(c,y,z)$
1.3. Расчет продукции орошаемого земледелия и потерь продукции (блок В2.3)	
Потеря урожайности $dY_{c}(c,y,z)$ для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$ – вычисление из зависимости	$dY_{c} / Y_{\max c} = A_{c} \times (1 - dW_{v} / W_{vn}) + B_{c}$
Урожайность для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$ вычисление из зависимости	$Y_{c}(c,y,z) = Y_{\max c} - dY_{c}(c,y,z)$
Продукция (урожай) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$O_{c}(c,y,z) = Y_{c}(c,y,z) \times F_{c}(c,y,z)$
Потери продукции (урожая) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$dO_{c}(c,y,z) = O_{\max c}(c,y,z) - O_{c}(c,y,z)$

Описание переменных блока «Социально-экономическая оценка»

Переменная	Обозначение	Единицы измерения
Площадь орошения ЗП (нетто) для зоны планирования $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$F_{irr}(y,z)$	га
Площадь орошения (нетто) под с/х культуру $c \in C$ для зоны планирования $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$F_{irrc}(c,y,z)$	га
Требуемый для орошения водозабор (исключая промывку), по месяцам $m \in M$, годам $y \in Y$, $z \in Z$	$WN_{irr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Водозабор на орошение (исключая промывку) $m \in M$, $y \in Y$, $z \in Z$	$W_{irr}(m,y,z)$	млн.м3 мес -1
Требуемая подача воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$W_{vn}(y,z)$	млн.м3 мес -1
Подача воды в вегетацию, для $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$W_{v}(y,z)$	млн.м3 мес -1
Потенциальная продукция (урожай) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$O_{\max c}(c,y,z)$	т
Продукция (урожай) для с/х культуры $c \in C$ и ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$O_{c}(c,y,z)$	т
Численность населения в ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$M_{z}(y,z)$	чел
Доля населения, которое занято в экономике, от общей численности населения, в ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$K_{M}(y,z)$	%
Доля населения, которое работает в сельском хозяйстве, от численности населения, работающего в экономике, в ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$K_{M-irr}(y,z)$	%
Цена (на доставку) воды в ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$C_{w}(y,z)$	\$ / м3
Цена реализации с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$P_{c}(c,y,z)$	\$ / т
Себестоимость производства с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$C_{c}(c,y,z)$	\$ / га
Затраты, идущие на зарплату (salary) и налоги с физических лиц, в долях единицы от суммарных эксплуатационных затрат, возникающих при выращивании с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$K_{salc}(c,y,z)$	
Средняя зарплата и налоги с физических лиц, приходящиеся на 1 человека, работающего в сфере производства с/х по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$F_{sal}(y,z)$	\$ / чел
Налоги (tax), в долях единицы от суммарных эксплуатационных затрат, возникающих при	$K^{taxc}(c,y,z)$	

Переменная	Обозначение	Единицы измерения
выращивании с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$		
Коэффициент увеличения добавленной стоимости, получаемой при переработке выращенной с/х культуры $c \in C$ (включая сферу услуг) по годам $y \in Y$ и ЗП $z \in Z$	$K_{ppc}(c, y, z)$	
Доход (INCOM), возникающий при выращивании с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$INC_{irrc}(c, y, z)$	$
Потенциальный доход (INCOM), возникающий при выращивании с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$INC_{\max c}(c, y, z)$	$
Доход (INCOM) в орошаемом земледелии по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$INC_{irr}(y, z)$	$
Потенциальный доход (INCOM) в орошаемом земледелии по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$INC_{\max}(y, z)$	$
Затраты (EXPENSES) на содержание оросительной сети и производство (выращивание) с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$EXP_{irrc}(c, y, z)$	$
Затраты (EXPENSES) орошаемого земледелия по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$EXP_{irr}(y, z)$	$
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$VA_{irrc}(c, y, z)$	$
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства орошаемого земледелия по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$VA_{irr}(y, z)$	$
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства и переработки с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$VA_{irrc+p}(c, y, z)$	$
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства и переработки продукции орошаемого земледелия по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$VA_{irr+p}(y, z)$	$
Потери дохода продукции по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$L_{incom}(y, z)$	$
Удельный дохода от реализации продукции на 1 м3 водозабора (продуктивность оросительной воды) по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$INC_{irr/w}(y, z)$	$ / м3
Удельный дохода от реализации продукции на 1 га орошаемой площади (продуктивность земли) по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$INC_{irr/f}(y, z)$	$ / га
Добавленная стоимость, приходящаяся на 1 человека по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$VA_{irr+p/m}(y, z)$	$ / чел
Численность населения, работающего в сель-	$M_{irr-\max}(y, z)$	чел

Переменная	Обозначение	Единицы измерения
ском хозяйстве в ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$		
Суммарная зарплата и налоги с физических лиц по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$	$Sal_z(y,z)$	$
Численность населения, занятое в орошении в ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$M_{irr}(y,z)$	чел
Высвобождение населения, занятого в орошении в ЗП $z \in Z$ по годам $y \in Y$	$M_{irr-los}(y,z)$	чел

Алгоритмы блока «Расчет производства продукции орошаемого земледелия»

Переменная	Обозначение, формулы, уравнения
1. Социально-экономическая оценка (модуль B3)	
1.1. Обработка исходных данных (блок B3.1)	
Затраты (EXPENSES) на содержание оросительной сети и производство (выращивание) с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$EXP_{irrc}(c,y,z) = C_c(c,y,z) \times F_{irrc}(c,y,z)$
Затраты (EXPENSES) орошаемого земледелия по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$EXP_{irr}(y,z) = \sum_{c \in C} EXP_{irrc}(c,y,z)$
1.2. Расчет дохода от реализации продукции орошаемого земледелия (блок B3.2)	
Потенциальный доход (INCOM), возникающий при выращивании с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$INC_{\max c}(c,y,z) = O_{\max c}(c,y,z) \times P_c(c,y,z)$
Доход (INCOM), возникающий при выращивании с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$INC_{irrc}(c,y,z) = O_c(c,y,z) \times P_c(c,y,z)$
Потенциальный доход (INCOM) в орошаемом земледелии по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ -вычисление по формуле	$INC_{\max}(y,z) = \sum_{c \in C} INC_{\max c}(c,y,z)$
Доход (INCOM) в орошаемом земледелии по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$INC_{irr}(y,z) = \sum_{c \in C} INC_{irrc}(c,y,z)$
Потери дохода продукции по ЗП $z \in Z$ и	$L_{incom}(y,z) = INC_{\max}(y,z) - INC_{irr}(y,z)$

Переменная	Обозначение, формулы, уравнения
годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	
1.3. Расчет добавленной стоимости (блок В3.3)	
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$VA_{irrc}(c,y,z) = INC_{irrc}(c,y,z) - [1 - K_{salc}(c,y,z) - K_{taxc}(c,y,z)] \times EXP_{irrc}(c,y,z) - C_w(y,z) \times W_v(y,z)$
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства орошаемого земледелия по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$VA_{irr}(y,z) = \sum_{c \in C} VA_{irrc}(c,y,z)$
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства и переработки с/х культуры $c \in C$ по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$VA_{irrc+p}(c,y,z) = VA_{irrc}(c,y,z) \times K_{ppc}(c,y,z)$
Добавленная стоимость (VALUE ADDED) производства и переработки продукции орошаемого земледелия по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$VA_{irr+p}(y,z) = \sum_{c \in C} VA_{irrc+p}(c,y,z)$
1.4. Расчет социально-экономических показателей (блок В3.4)	
Удельный дохода от реализации продукции на 1 м3 водозабора (продуктивность оросительной воды) по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$INC_{irr/w}(y,z) = INC_{irr}(y,z) / W_v(y,z)$
Удельный дохода от реализации продукции на 1 га орошаемой площади (продуктивность земли) по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$INC_{irr/f}(y,z) = INC_{irr}(y,z) / F_{irr}(y,z)$
Добавленная стоимость, приходящаяся на 1 человека по ЗП $z \in Z$ и годам $y \in Y$ - вычисление по формуле	$VA_{irr+p/m}(y,z) = VA_{irr+p}(y,z) / M_z(y,z)$

Верстка: Беглов И.Ф.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан,
г. Ташкент, ул. Асака, д. 3 (4 этаж)

sic.icwc-aral.uz

Проект “Адаптация управления трансграничными водными ресурсами в бассейне Амударьи к возможным изменениям климата”

www.cawater-info.net/projects/peer-amudarya/