

Утверждаю:
Директор НИЦ МКВК
Проф. В.А.Духовный

Отчет

**по проекту "Адаптация управления трансграничными водными
ресурсами в бассейне Амударья к возможным изменениям климата"
(PEER) за 2017 год**

**Этап 3 "Численные эксперименты"
Позиции 3.1 и 3.2**

Исполнители

А.Г.Сорокин

Д.А.Сорокин

Ташкент, июль 2017

Содержание

	Введение	
1	Разработка и тестирование гидроэнергетической модели (2010-2017 гг)	
2	Расчеты режимов Нурекской ГЭС на 2020-2055 годы и оценка зарегулированного стока реки Вахш в условиях климатических изменений, рекомендации	
3	Оценка альтернативных сценариев работы каскада Вахшских ГЭС (режим, выработка электроэнергии) на 2020-2055 годы, оценка энергетического баланса “спрос-производство”	
4	Оценка водных ресурсов и руслового баланса на 2020-2055 гг, влияние ГЭС и Афганистана на водообеспеченность Приаралья и водозаборов	
5	Комплексная оценка перспектив развития областей стран и бассейна в целом – учет дефицита воды и потерь продукции орошаемого земледелия, поиск консенсуса между гидроэнергетикой, орошением и требованиями природного комплекса	
6	Предложения по адаптации к изменению климата	
	Заключение	
	Литературные источники	
	Приложение 1. Режим работы Нурекской ГЭС и расчет выработки электроэнергии на Вахшском каскаде за 2010-2020 годы	
	Приложение 2. Альтернативные варианты режима работы Нурекской ГЭС и расчет выработки электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС на 2020-2055 годы (Варианты 1 и 2): 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050, 2055 гг	
	Приложение 3. Альтернативные варианты режима работы Нурекской ГЭС и расчет выработки электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС на 2020-2055 годы (Варианты 3 и 4): 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050, 2055 гг	
	Приложение 4. Русловой баланс рек бассейна Амударьи: маловодный год (2042-2043), варианты 3 и 4	
	Приложение 5. GAMS-модель оптимизации работы Нурекской ГЭС	
	Приложение 6. Водопотребление ЗП (результаты расчетов модели ЗП)	

Перечень сокращений

Вдхр. - Водоохранилище

Вт – Ватт, русское обозначение единицы измерения мощности (международное обозначение W)

В т.ч – в том числе

ГВт – Гигаватт, русское обозначение единицы измерения мощности, кратное ватту (международное обозначение GW), 1 ГВт = 1000000 кВт

Г/у - Гидроузел

ГЭС – Гидроэлектростанция

ЗП – зона планирования, - базовая территориальная единица моделирования, принятая в проекте PEER, - соответствует административной области или ее части (например, ЗП Южного и Северного Каракалпакистана)

кВт – Киловатт, русское обозначение единицы измерения мощности, кратное ватту (международное обозначение KW), 1 кВт = 1000 Вт

кВт.ч – Киловатт-час, русское обозначение единицы измерения количества электроэнергии (международное обозначение KWh)

МБА – Малый Бассейн реки Амударья (река Амударья и ее притоки)

МВт – Мегаватт, русское обозначение единицы измерения мощности, кратное ватту (международное обозначение MW), 1 МВт = 1000 кВт

ТВт – Тераватт, русское обозначение единицы измерения мощности, кратное ватту (международное обозначение TW), 1 ТВт = 1000000000 кВт

Н/б - Нижний бьеф гидротехнического сооружения (например, г/у, ГЭС)

НПУ – Нормальный подпорный уровень воды в в/б водохранилища, - соответствует максимальному уровню, при котором г/у работает надежно, с соблюдением технических условий

УМО – Уровень мертвого объема вдхр., - минимальный допустимый уровень сработки вдхр.

Э/э - Электроэнергия

ASBmm – Комплекс моделей управления водными ресурсами бассейна Амударья (разработан UNESCO - ИНЕ и НИЦ МКВК)

BAU – “Business as usual” – социально экономический сценарий сохранения существующих тенденций, используемый в проекте PEER в качестве варианта распределения орошаемых площадей и ввода инноваций в орошаемое земледелие

ESA – “Export-oriented sustainable adaptation” – одна из альтернатив социально-экономического развития, ориентированная в сельском хозяйстве на производство экспортной продукции, сценарий размещения с/х культур в проекте PEER

FSA – “Food security and diet change” - одна из альтернатив социально-экономического развития, ориентированная на продовольственную безопасность и импорт-замещение, сценарий размещения с/х культур в проекте PEER

GAMS – универсальная система программирования оптимизационных задач, - была использована в проекте PEER при разработке гидроэнергетической модели (Д.Сорокин) и модуля оптимизации состава с/х культур (Т.Кадыров)

Введение

Отчет составлен по результатам работ проекта PEER, выполненных согласно ТЗ по позициям:

Позиция 3.1. Выполнение серии расчетов для различных сценариев:

- Тестирование гидронергетической модели на данных 2010-2015 г, пункт ТЗ 3.1.2.9 (Д.Сорокин),
- Выполнение расчетов альтернативных режимов ГЭС на 2016-2055 гг , пункт ТЗ 3.1.2.9 (Д.Сорокин),
- Оценка водных ресурсов и руслового баланса на 2016-2055 в условиях климатических изменений при альтернативных режимах работы ГЭС; расчет возвратного стока и русловых потерь, пункт ТЗ 3.1.1.1 (А.Сорокин)
- Оценка влияния Афганистана и режимов ГЭС на водообеспеченность Приаралья и водозаборов из реки, пункт ТЗ 3.1.1.2 (А.Сорокин, Д.Сорокин).
- Комплексная компьютерная оценка перспектив развития областей и бассейна Амударьи в целом, в условиях климатических изменений, зарегулированного стока и дефицитов воды; водный баланс ЗП на 2016-2055 годы, пункт ТЗ 3.1.2.1 (А.Сорокин)

Позиция 3.2. Разработка предложений по управлению водными ресурсами в условиях изменения климата:

- регулирование стока рек водохранилищами и ГЭС, пункт ТЗ 3.2.1.4 (Д.Сорокин),
- поиск консенсуса “Ресурсы-потребности” в условиях изменения климата, влияния ГЭС, при росте потребностей Афганистана, пункт ТЗ 3.2.1.1 (А.Сорокин, Д.Сорокин)

Отчет состоит из введения, 6 разделов (где изложены результаты исследований и рекомендации), заключения, списка литературных источников и 6 приложений.

1. Разработка и тестирование гидроэнергетической модели (2010-2017 гг)

Расчеты по режимам работы Вахшского каскада ГЭС были выполнены с помощью двух программ, реализующих гидроэнергетическую модель (разработчик Д.Сорокин). Модель разработана и протестирована в рамках проекта PEER на фактических данных 2010-2017 гг.

Гидроэнергетическая модель включает следующие компьютерные программы:

1. Программу оптимизации работы Нурекской ГЭС, - реализована в системе GAMS (смотрите Приложение 5);
2. Программу расчета работы Нурекской ГЭС и выработки электроэнергии на Вахшском каскаде (реализована в MS Excel).

Кроме Нурекской ГЭС в модель 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)

Таблица 1.1 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.	Hmax	м	Соответствует НПУ
Минимальная отметка уровня воды в вдхр.	Hmin	м	Соответствует УМО
Отметка уровня воды в вдхр.	H	м	Рассчитывается по батиметрической кривой (1), Hmax > H > Hmin
Отметка уровня воды в н/б	Hout	м	Рассчитывается как функция от расхода воды в н/б (2), R ² =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	Qhps	м ³ /с	Qhps.max > Qhps = Outflow
Напор на ГЭС	dH	м	dH = H – Hout
Коэффициент (9.81*КПД)	K		Рассчитывается по формуле (3)
Расчетная мощность ГЭС	N	МВт	N = K* Qhps* dH / 1000
Количество электроэнергии, вырабатываемой Нурекской ГЭС	Enur	ГВт.ч	Enur = n*24*N/1000, где n-количество дней в месяце
Количество электроэнергии, вырабатываемой на Вахшском каскаде	Evahsh	ГВт.ч	Рассчитывается как функция от выработки электроэнергии на Нурекской ГЭС (4)
Общее количество вырабатываемой энергии	E	ГВт.ч	E = Enur + Evahsh
Удельный расход Нурекской ГЭС на 1 кВт.ч вырабатываемой энергии	q	м ³ /кВтч	q = Qhps*n*24*3600/(Enur*10 ⁶)

Основные переменные, включенные в модель, показаны в таблице 1.1, там же приводится необходимая информация о переменных.

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

$$H = 12.12 * \text{Res.vol} + 781.83 \dots (1)$$

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

$$H_{\text{out}} = 0.0000000005 * \text{Outflow}^3 - 0.000003266 * \text{Outflow}^2 + 0.007169 * \text{Outflow} + 642.8469 \dots (2)$$

Формула расчета коэффициента “К” [Петров Г.Н., 2009]:

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

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

$$E_{\text{vahsh}} = 0.386 * E_{\text{nur}} + 67.251 \dots (4)$$

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

$$Y1 = \sum (t, E_{\text{nur}}(t)) \dots (5)$$

$$Y2 = \sum (t_n, E_{\text{nur}}(t)) \dots (6)$$

Здесь: Y1 – целевая функция, применяемая при оптимизации энерго-ирригационного 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, t_n – 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:

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

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

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

Режим Нурекской ГЭС и расчетная выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС и Вахшском каскаде ГЭС за 2010-2017 годы представлена в Приложении 1.

На Рис.1.1 приводятся результаты расчетов на модели по показателю “выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС” за 2010-2016 гг , а на Рис.1.2 - сравнение фактических значений (обработка данных ОДЦ “Энергия”) с расчетными (модель) в среднем за 2010-2016 гг.

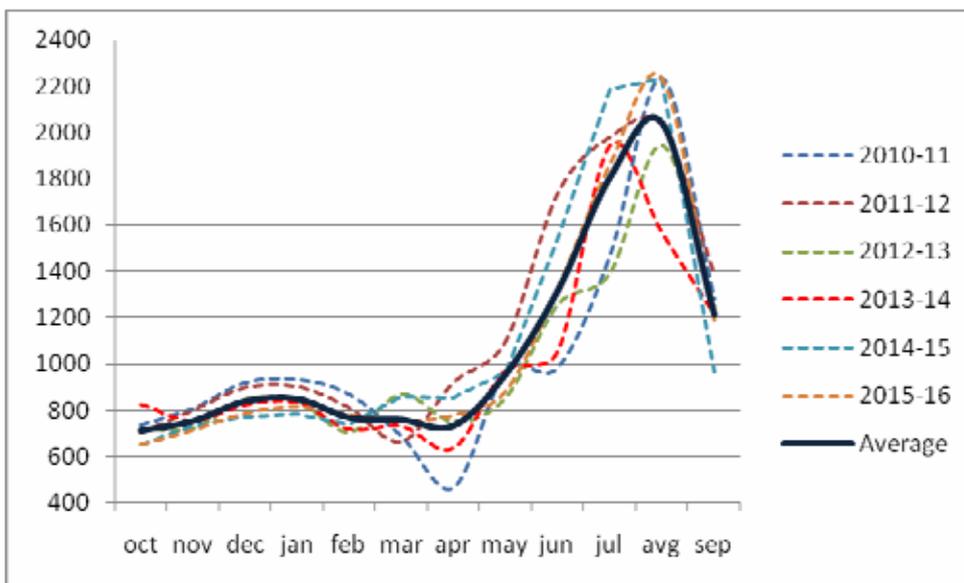


Рис.1.1 Выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС за 2010-2016 гг: результаты расчетов на модели.

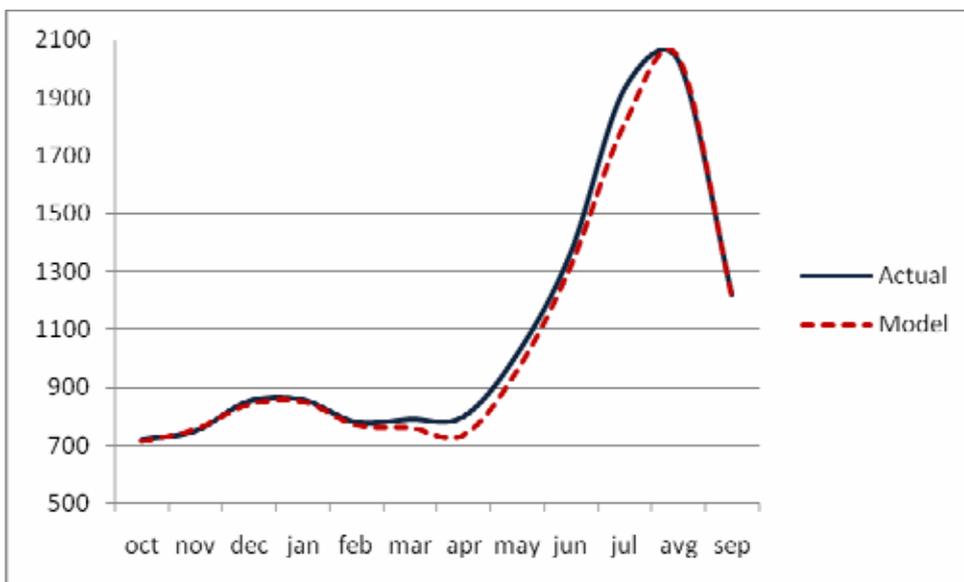


Рис.1.2 Выработка электроэнергии на Нурекской ГЭС, в среднем за 2010-2016 гг: сравнение фактических значений с расчетными, полученными с помощью модели.

В среднем за 2011-2016 гг отклонение расчетных значений (данные модели) выработки электроэнергии от фактических составляет 2 %, колебания по месяцам: от – 1 % до 8 % (смотрите рис. 1.3). Связь между расчетными и фактическими величинами характеризуется коэффициентом $R^2 = 0.984$ (рис. 1.4)

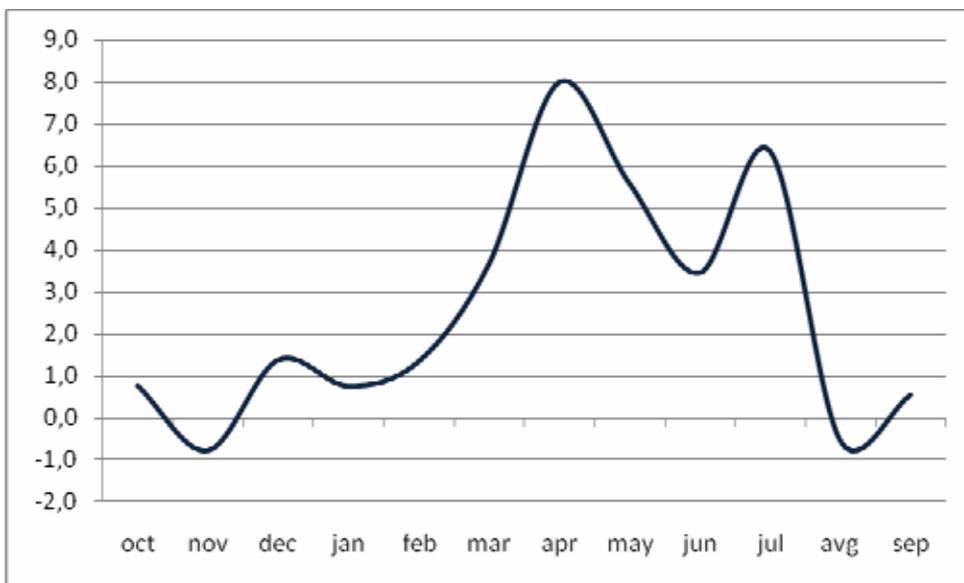


Рис.1.3 Отклонение расчетных значений выработки электроэнергии от фактических, в % от фактических: осреднение за 2010-2016 гг

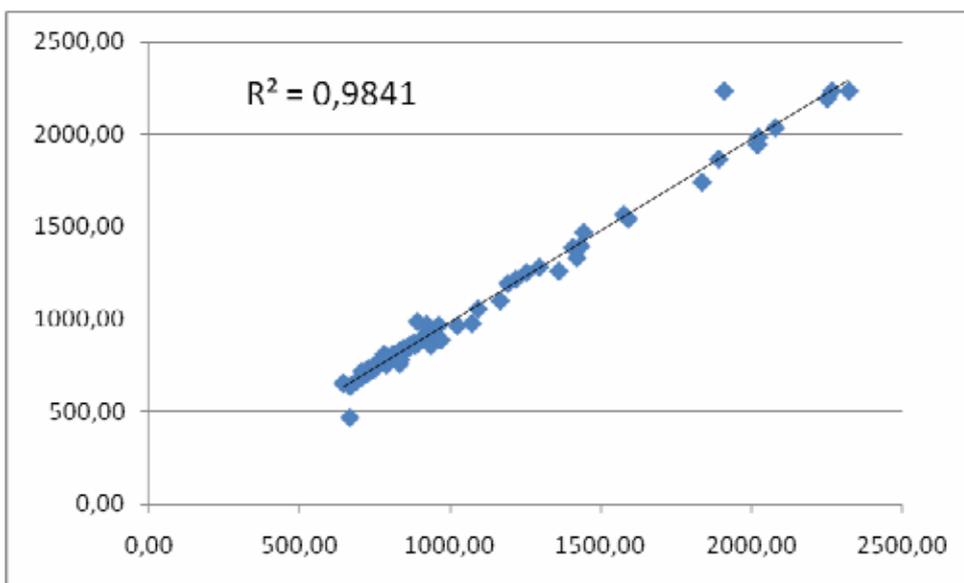


Рис.1.4 Зависимость между фактическими (ось X, млн.кВт.ч / месяц) и расчетными (ось Y, млн.кВт.ч / месяц) значениями количества вырабатываемой электроэнергии на Нурекской ГЭС

Современный режим работы Нурекской ГЭС характеризуется холостыми сбросами и соответствующими потерями электроэнергии (смотрите Рис 1.5 и 1.6).

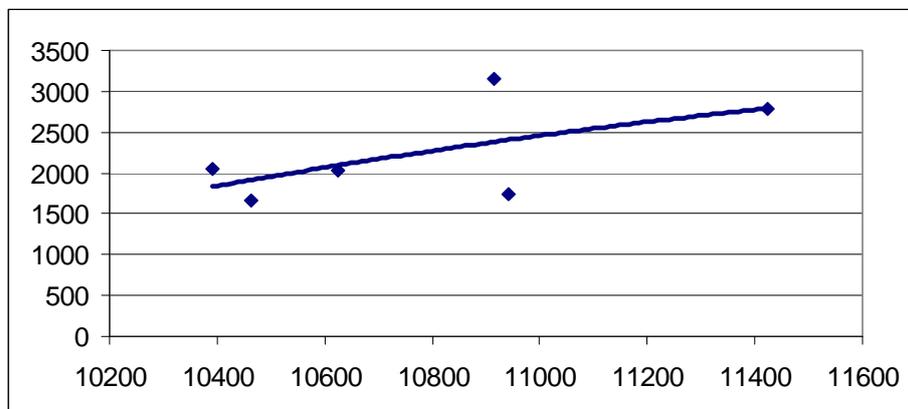


Рис 1.5. Эмпирическая связь годового количества потерянной электроэнергии на холостых сбросах (ось Y) от используемого количества электроэнергии, вырабатываемой на Нурекской ГЭС (ось X)

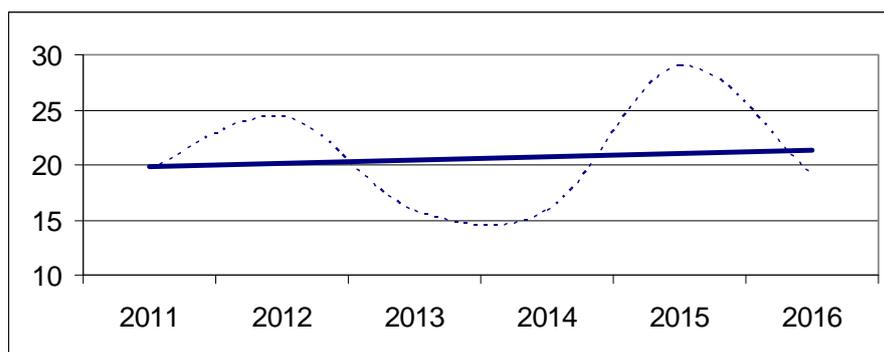


Рис. 1.6 Динамика потерь электроэнергии на Нурекской ГЭС на холостых сбросах за 2011-2016 гг., в % от используемой электроэнергии

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.

Ниже на графиках 1.7 – 1.10 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.

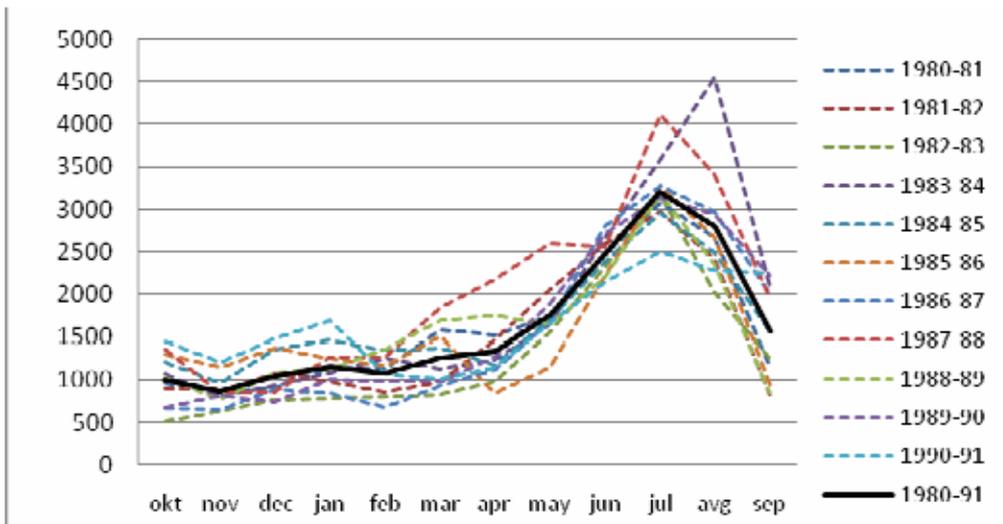


Рис. 1.7 Попуски воды из Нурекского г/у за 1980-1991 гг, млн.м3 / мес

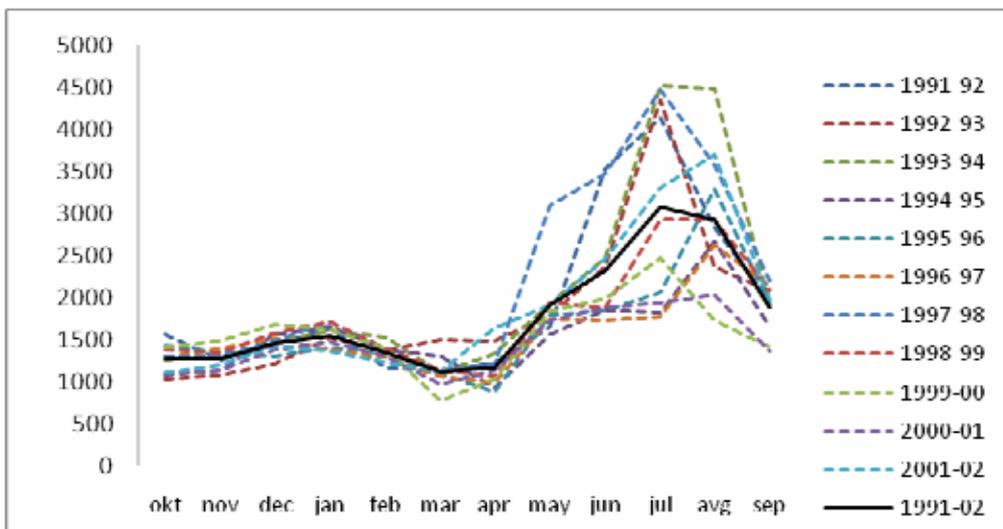


Рис. 1.8 Попуски воды из Нурекского г/у за 1991 – 2002 гг, млн.м3 / мес

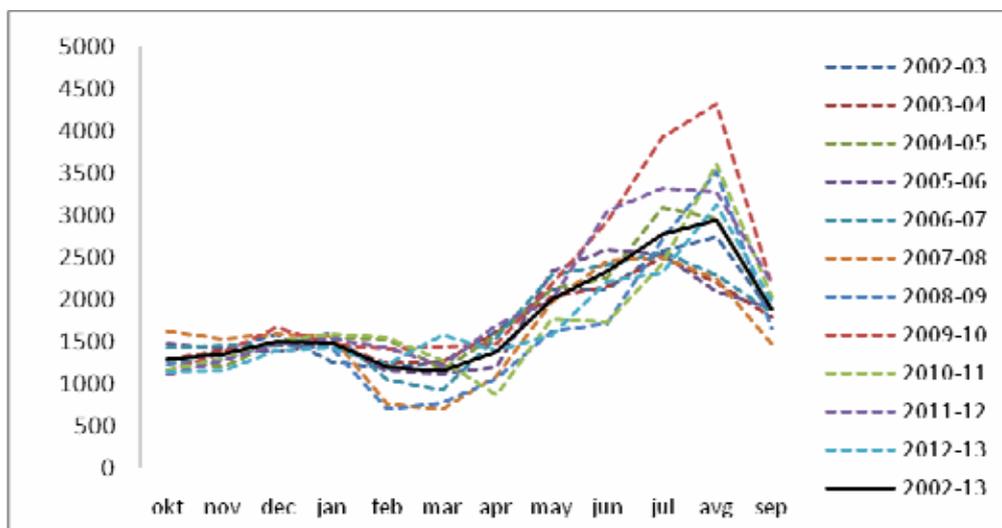


Рис. 1.9 Попуски воды из Нурекского г/у за 2002 – 2013 гг, млн.м3 / мес

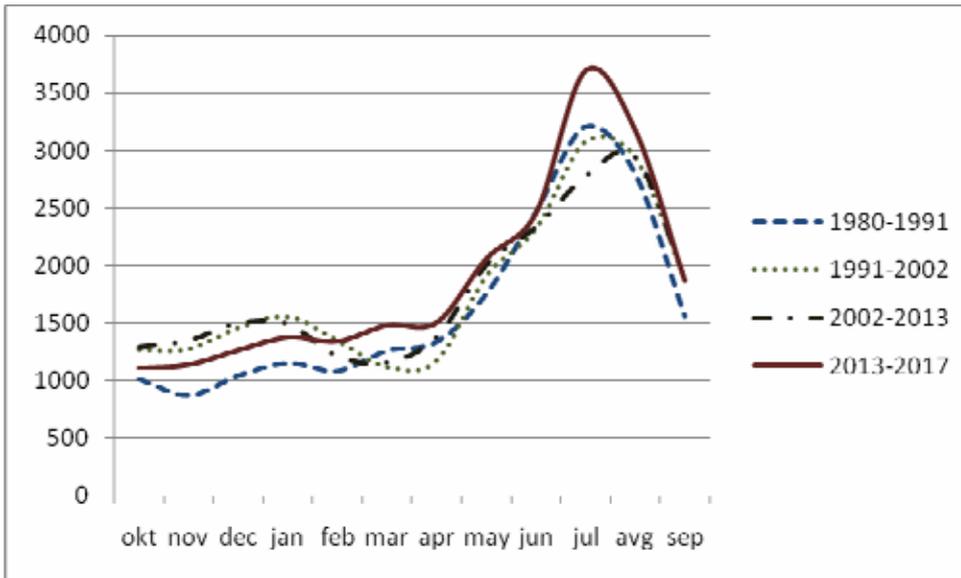


Рис. 1.10 Сравнение графиков подачи воды в н/б Нурекского г/у за отдельные периоды его эксплуатации, млн.м³ / мес

Анализ графиков попусков воды из Нурекского г/у за разные периоды позволяет определить максимальные и минимальные наблюдаемые значения попусков, соответствующие альтернативным режимам работы г/у – энергетическому и энерго-ирригационному, которые являются наиболее вероятными в перспективе (рис. 1.11).

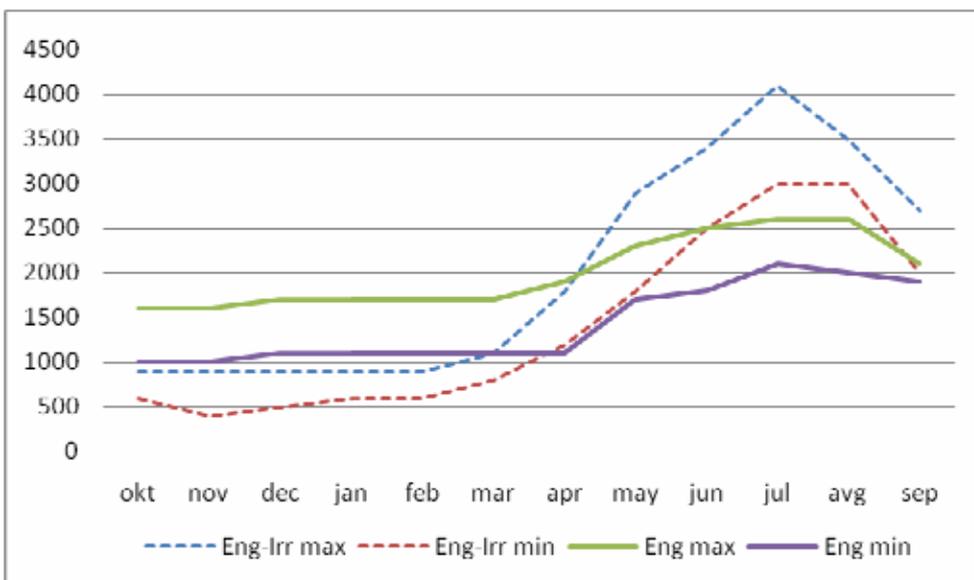


Рис. 1.11 Диапазон попусков из Нурекского г/у для энергетического и энерго-ирригационного режимов работы ГЭС, млн.м³ / мес

Кривые, показанные на рис. 1.11, 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.

2.Расчеты режимов Нурекской ГЭС на 2020-2055 годы и оценка зарегулированного стока реки Вахш в условиях климатических изменений, рекомендации

Таджикистан определил три основные цели в развитии энергетики (РЭЦА, 2015): i) доступность электроэнергии (обеспечение постоянной электроэнергией населения), ii) энергетическая эффективность (снижение потерь электроэнергии), iii) продвижение возобновляемых источников электроэнергии (увеличение производства).

В Стратегии водного сектора Республики Таджикистан (2006 г) отмечается, что в настоящее время 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 (около 3 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.

Водная стратегия региона (согласно проекта PEER) 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 определение и исследование сценариев работы Нурекской ГЭС.

В перспективе могут возникнуть изменения в современном режима Нурекской ГЭС, осуществляемые с целью: i) оптимизации 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.

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.

$$Wt = kc \times WNt, \quad t = 1, (1 + dt) \quad (1)$$

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

$$U_{k,t} \quad k = 1, R \quad t = 1, T \quad \dots (2)$$

который удовлетворяет цели планирования

$$F \rightarrow \max \dots (3)$$

и системе ограничений

$G_{i,t} = 0, \quad i = 1, n$ - балансовые уравнения, определяющие взаимосвязь объемов воды в вдхр., притока и попусков

$P_{j,t} > 0, \quad j = 1, m$ - 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. 2.1. 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 (смотрите раздел 1 данного отчета) 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.

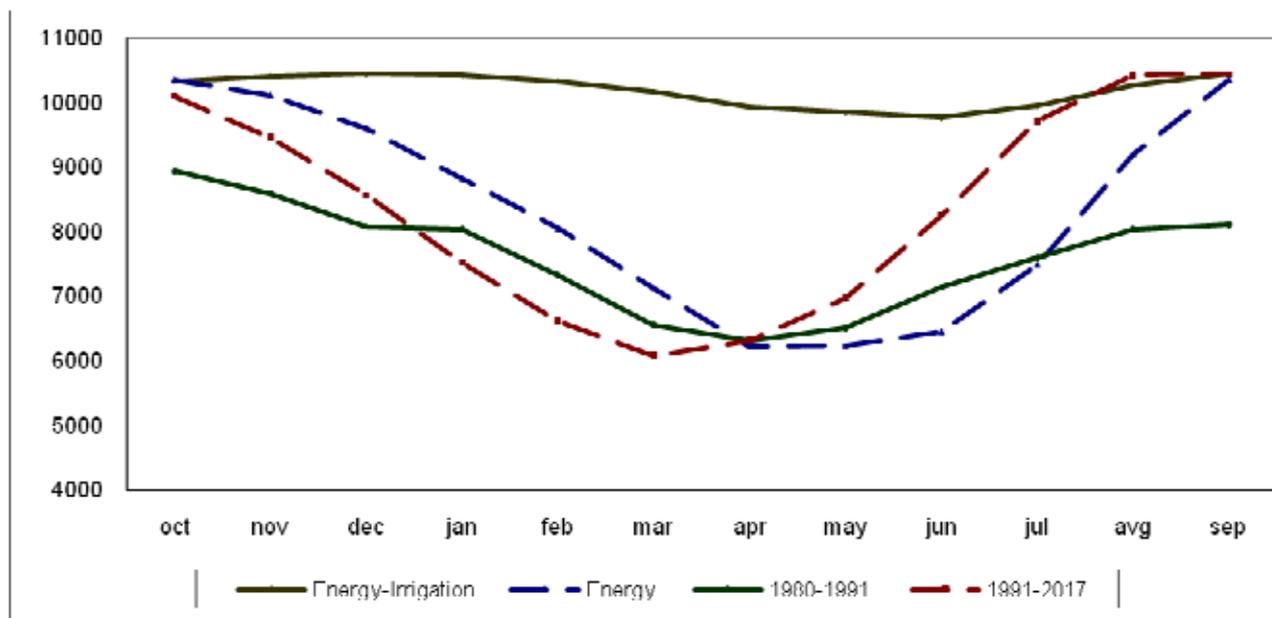


Рис.2.1. Объемы воды в Нурекском водохранилище при различных режимах работы гидроузла, млн.куб.м: i) альтернативные сценарии - энергетический режим (Energy), энерго-ирригационный (Energy-Irrigation) – осреднение за 2020-2055 гг, ii) фактические – осреднение за 1980-1991 гг и 1991-2017 гг.

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.

Работа Нурекского гидроузла в условиях сохранения существующего климата

На рисунке 2.2 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).

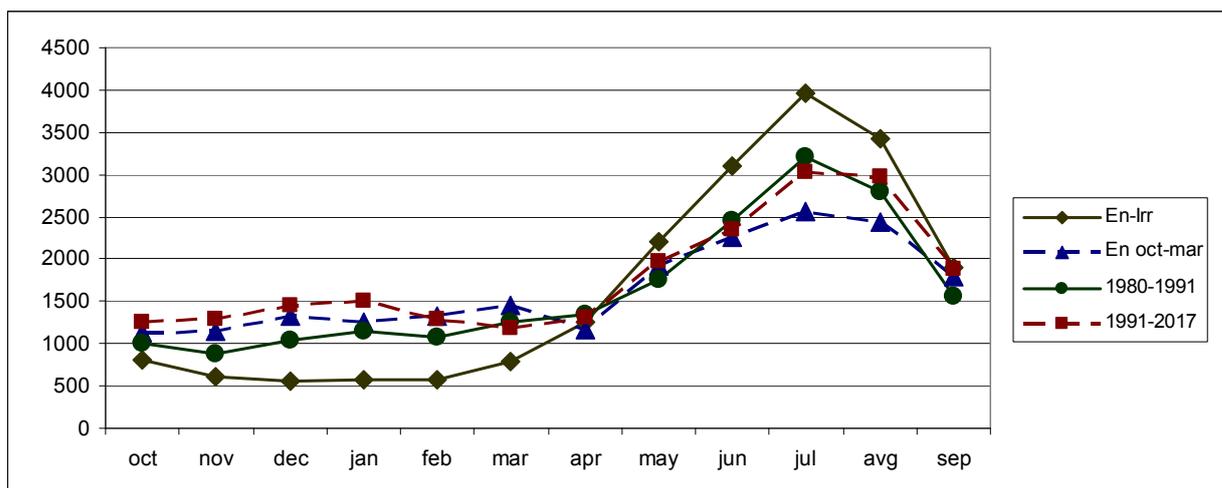


Рис. 2.2 Графики попусков воды из Нурекского г/у: энерго-ирригационный режим, энергетический (осреднение за 2020-2055 годы), средние значения за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Приток к г/у – по сценарию продолжения существующих циклов, без учета климатического влияния.

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 2.3-2.6 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).

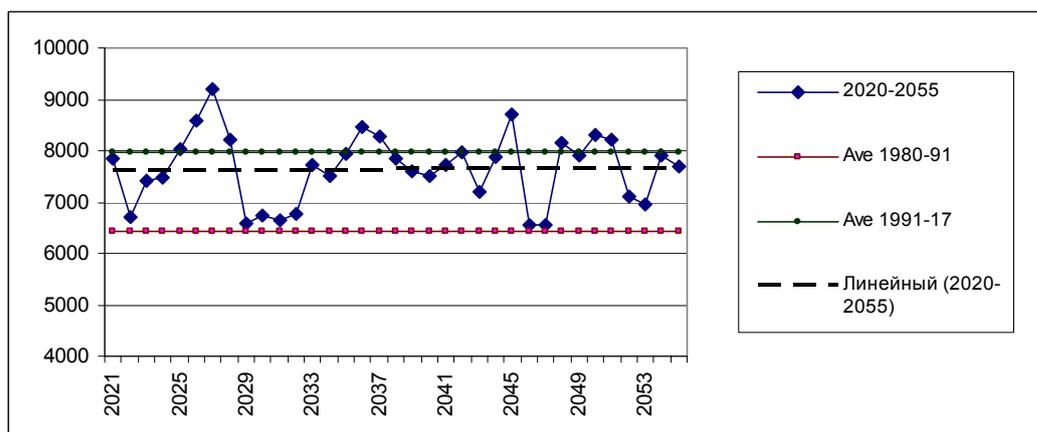


Рис. 2.3 Межвегетационные попуски из Нурекского г/у (октябрь-март), млн.м³: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении с средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 1. Энергетический режим.

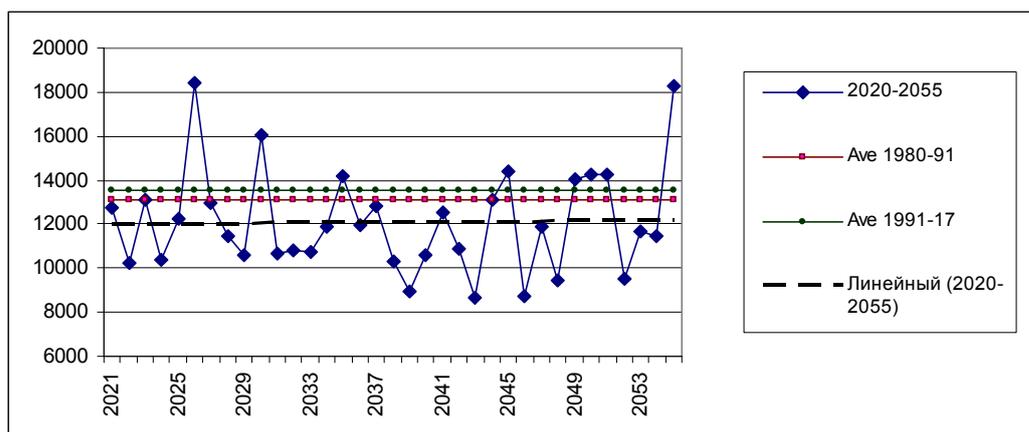


Рис. 2.4 Вегетационные попуски из Нурекского г/у (апрель-сентябрь), млн.м3: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении с средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 1. Энергетический режим.

Для варианта 1 (энергетический режим) средний попуск из Нурекского г/у за 2020-2055 гг в вегетацию оценивается в 12.12 млрд.м3, с “провалами” в отдельные сезоны до 8940 млн.м3 (2039 г), 8650 млн.м3 (2043 г), 8700 млн.м3 (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 млрд.м3, что на 4 % ниже среднего уровня межвегетационных попусков в 1991-2017 гг.

В таблице 2.1 приводится сопоставление данных по вариантам 1 и 2. Разница между вариантами (режимами ГЭС) по попуску из Нурекского гидроузла оценивается в 3.73 млрд.м3 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 млрд.м3.

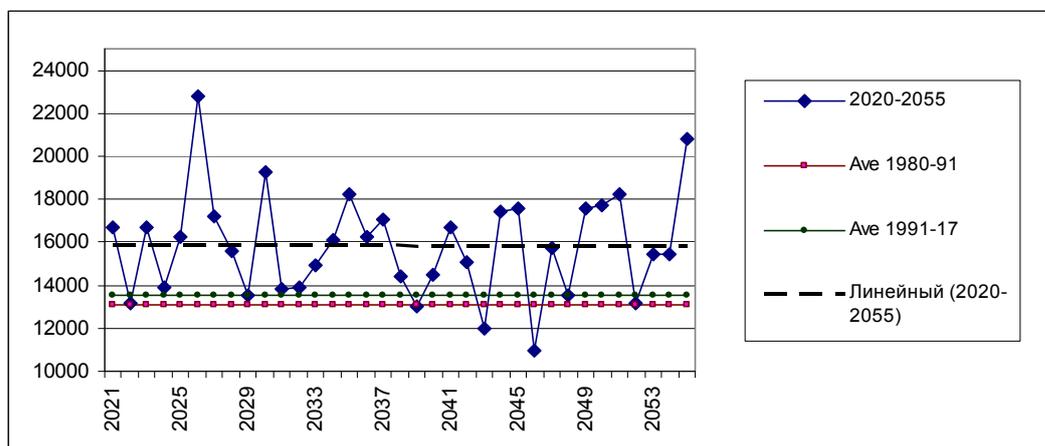


Рис. 2.5 Вегетационные попуски из Нурекского г/у (апрель-сентябрь), млн.м3: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении с средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 2. Энерго-ирригационный режим.

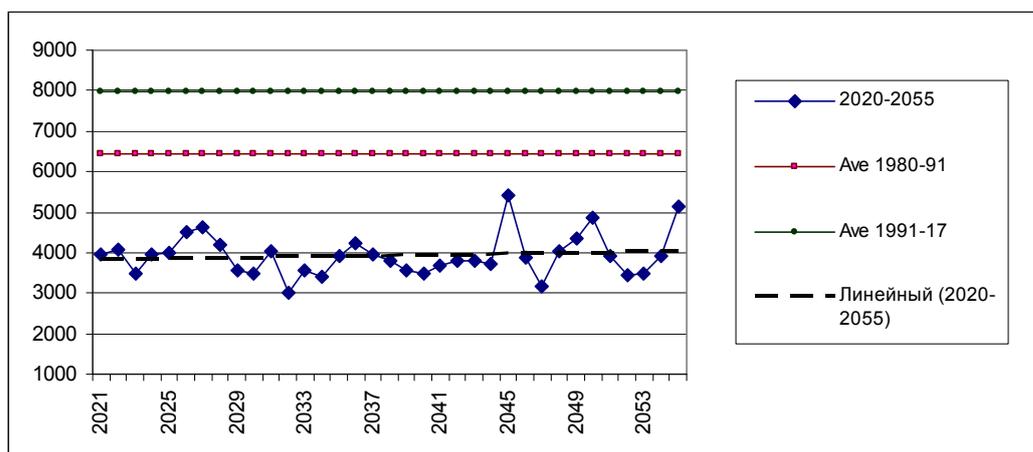


Рис. 2.6 Межвегетационные попуски из Нурекского г/у (октябрь-март), млн.м3: результаты расчетов на GAMS-модели (2020-2055 гг), в сравнении с средними попусками за 1980-1991 и 1991-2017 гг. Вариант 2. Энерго-ирригационный режим.

Таблица 2.1 Сравнение параметров Нурекского г/у по вариантам - результаты расчетов на гидроэнергетической модели, осреднение данных за 2020-2055 гг

№ Вариантов, режимы ГЭС	Параметр, ед.изм	Апрель-Сентябрь	Октябрь – Март	Год
1 и 2	Приток к г/у	16250	3520	19770
1.Энергетический	Попуск из г/у, млн.м3	12120	7650	19770
2.Энерго-ирригационный	Попуск из г/у, млн.м3	15850	3920	19770
Разница 1 - 2	Изменение попуска, млн.м3	- 3730	3730	0
	в % от притока	- 23	106	
1.Энергетический	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м3	4130	-4130	0
2.Энерго-ирригационный	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м3	400	-400	0

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 2.2. 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 2.3 приводится сопоставление данных попусков воды и объемов регулирования стока по этим вариантам.

Таблица 2.2 Влияние климата на среднегодовое стока реки Вахш (2020-2055 гг) в створе притока к Нурекскому г/у

№ Вариантов, влияние климата	Параметр, ед.изм	Апрель-Сентябрь	Октябрь – Март	Год
1 и 2, нет влияния	Приток к г/у, млн.м3	16250	3520	19770
3 и 4, есть влияние	Приток к г/у, млн.м3	15570	3550	19120
Разница 1-3 (2-4)	Изменение приток к г/у, млн.м3	680	- 30	650
	в % от притока	4	- 0.8	3

Таблица 2.3 Сравнение параметров Нурекского г/у по вариантам - результаты расчетов на гидроэнергетической модели, осреднение данных за 2020-2055 гг

№ Вариантов, режимы ГЭС	Параметр, ед.изм	Апрель-Сентябрь	Октябрь – Март	Год
3 и 4	Приток к г/у	15570	3550	19120
3.Энергетический	Попуск из г/у, млн.м3	11440	7680	19120
4.Энерго-ирригационный	Попуск из г/у, млн.м3	15170	3950	19120
Разница 3 - 4	Изменение попуска, млн.м3	- 3730	3730	0
	в % от притока	- 24	105	
3.Энергетический	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м3	4130	- 4130	0
4.Энерго-ирригационный	Регулирование стока реки Вахш (приток – попуск), млн.м3	400	- 400	0

Наибольшее влияние климат оказывает на формирование водных ресурсов в летние месяцы, особенно в июне и июле (смотрите 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.

Водоохранилище 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, водоохранилище несколько компенсирует негативное влияние климата в эти месяцы.

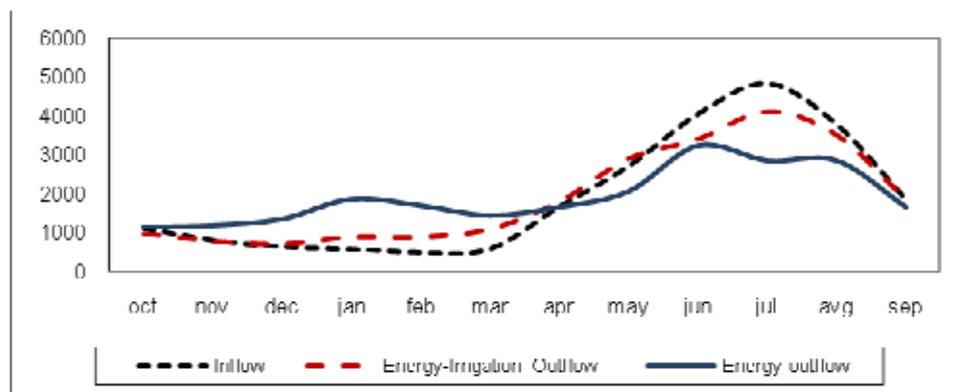


Рис.2.6 Динамика притока и попусков из Нурекской ГЭС при альтернативных режимах ее работы для многоводного года (2044-2045 г)

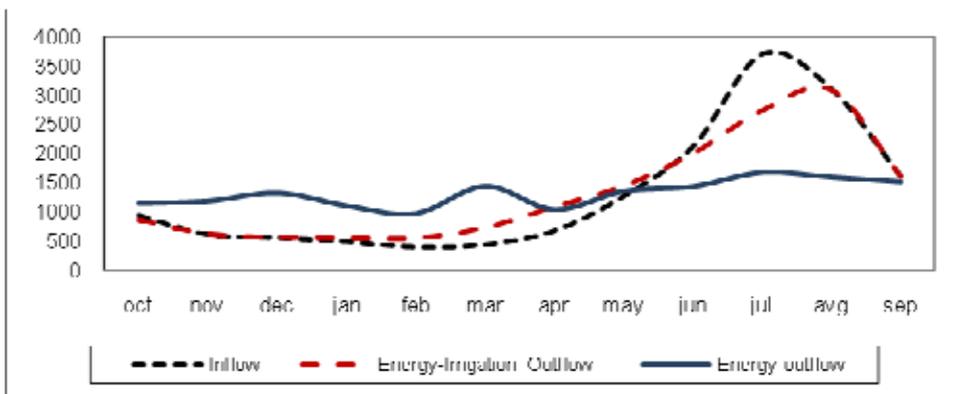


Рис.2.7 Динамика притока и попусков из Нурекской ГЭС при альтернативных режимах ее работы для маловодного года (2042-2043 г)

На рисунках 2.6 и 2.7 показаны гидрографы притока и попусков из Нурекской ГЭС при 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.

Рекомендации

1. 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. (смотрите раздел 1, рис 1.5, 1.6). 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 (смотри рис. 2.1). Такой режим будет более комфортен и к ирригационному графику потребления воды, забираемой из рек Вахш – Амударья.

2. 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.

3. Оценка альтернативных сценариев работы каскада Нарынских ГЭС (режим, выработка электроэнергии) на 2020-2055 годы, оценка энергетического баланса “спрос-производство”

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, Отчет по проекту PEER, позиции 2.2, 2.5) 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 14126 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 3.3-3.5). 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 (Д.Сорокин, Отчет по проекту PEER, позиции 2.2, 2.5). 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 (таблицы 3.6, 3.7).

Основным генератором электроэнергии в Таджикистане в настоящее время является Нурекская ГЭС и ниже расположенный каскад Вахшских ГЭС (смотрите раздел 1 отчета).

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 3.1. Работа Нурекской ГЭС за этот период принята по режиму, близкому к фактической работе Нурекский г/у, но исключая холостые сбросы. В среднем за 2017-2020 годы выработка на Вахшском каскаде ожидается в размере в 13.95 млрд.кВт.ч.

Выработка электроэнергии на отдаленную перспективу (2020-2055), рассчитанная по сценариям в условиях климатических изменений, представлена в таблице 3.2. 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 3.1 Выработка электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС за 2017-2020 гг

Года	Выработка на Вахшском каскаде ГЭС, млн.кВт.ч			В т.ч Выработка на Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч		
	oct-mar	apr-sep	oct-sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
2017-18	6389	8099	14488	4792	6149	10941
2018-19	6215	6841	13056	4644	5149	9793
2019-20	6062	8245	14307	4529	6248	10777
Сумма	18666	23185	41851	13965	17546	31511
средняя за 2017-2020	6222	7728	13950	4655	5849	10504

Таблица 3.2 Выработка электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС в 2020-2055 гг при альтернативных режимах работы Нурекской ГЭС в условиях климатических изменений

Года	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		
	oct-mar	apr-sep	oct-sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
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 3.1-3.4 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.

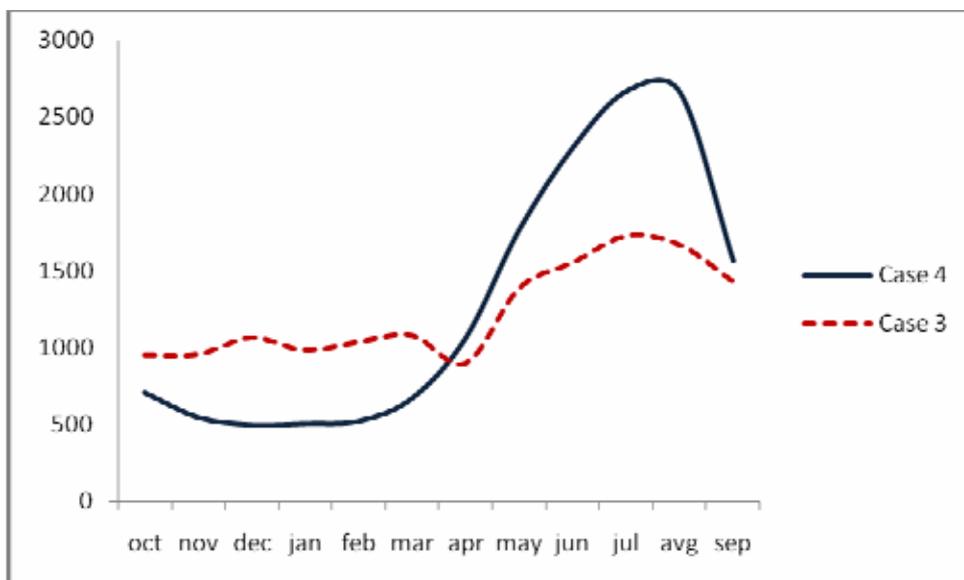


Рис.3.1 Внутригодовая выработка э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС): осреднение за 2020-2055 гг, при энергетическом (case 3) и энерго-ирригационном (case 4) режимах работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

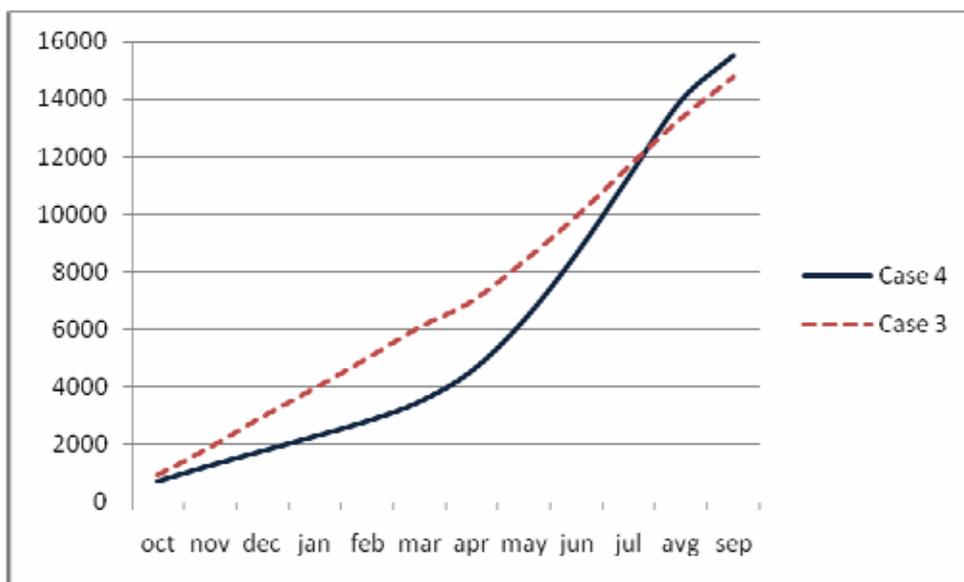


Рис.3.2 Интегральная кривая месячной выработки э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС): осреднение за 2020-2055 гг, при энергетическом (case 3) и энерго-ирригационном (case 4) режимах работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

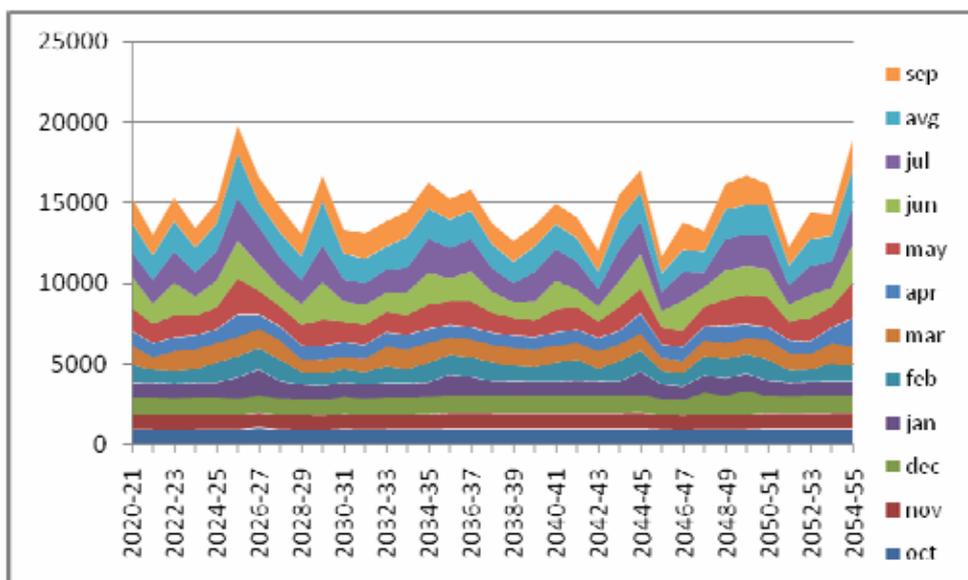


Рис.3.3 Выработка э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС за 2020-2055 гг, энергетический режим (case 3) работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

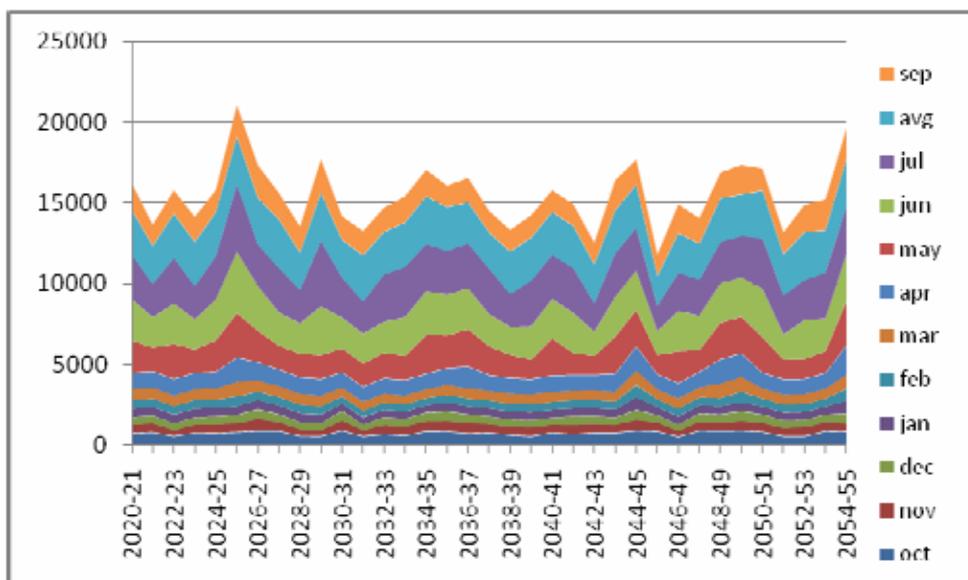


Рис.3.4 Выработка э/э на Вахшском каскаде ГЭС (включая Нурекскую ГЭС за 2020-2055 гг, энерго-ирригационный (case 4) режим работы Нурекской ГЭС, млн.кВт.ч

В таблицах 3.3 – 3.5 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 3.3 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 3.4 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 3.5 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 3.6 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 3.7 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 3.8 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 3.6 – 3.8. 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 образом 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:

- Нарастиванием мощностей по выработке э/э (в рамках проекта PEER не рассматривается),
- Регулированием сезонных потоков э/э (экспорт-импорт).

В разделе 5 отчета приводится комплексный анализ развития бассейна Амударьи, где количественно оцениваются сценарии, снижающие риски появления дефицитов воды и электроэнергии в странах.

4. Оценка водных ресурсов и руслового баланса на 2020-2055 гг, влияние ГЭС и Афганистана на водообеспеченность Приаралья и водозаборов

Русловой баланс реки Амударья 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 Сурхандарья) 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).

Оценка руслового баланса на 2020-2055 гг проводилась по четырем вариантам - случаям сочетания сценариев (обозначение на графиках “Case”), таблица 4.1.

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 4.2).

Таблица 4.1 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

Таблица 4.2 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

В таблице 4.3 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 4.3 Элементы руслового баланса реки Амударья по вариантам: объемы воды за год и по сезонам, км³

Годовые объемы	Case	Среднее за 2020-2055	MAX	MIN
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью, км ³	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), км ³	1	32,36	66,73	19,48
	2	31,58	67,10	18,54
	3	31,29	64,45	18,79
	4	30,53	64,81	18,10
Подача воды в озера Южного Приаралья, км ³	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, км3	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, км3	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, км3	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, км3	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, км3	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), км3	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, км3	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, км3	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, км3	1	35,82	39,49	29,62
	2	37,63	39,49	33,57
	3	35,48	39,49	27,64
	4	37,23	39,49	31,59
Русловые потери, км3	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, км ³	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 км³ 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 км³ или 2 % от годового стока реки. Максимальный сток реки в этом створе оценивается в 89.8...92.2 км³, минимальный – 37.8...39.0 км³.

За вегетацию (прель-сентябрь) в створе выше водозабора Гарагумдарьи в зависимости от варианта ожидается сток в объеме 38.5...43.6 км³. 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 км³ 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 км³, в том числе в вегетационный период (апрель-сентябрь) – 45.8 км³. За период 2010-2015 гг (принятый за базовый в проекте PEER) средний годовой объем стока составил 51.2 км³, в том числе в вегетационный период – 34.0 км³.

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 км³ в год. Максимальный сток реки в этом створе оценивается в 64.4...67.1 км³, минимальный – всего 18.1...19.5 км³.

Дефицит воды в бассейне (подаваемой по лимитам) в среднем за 2020-2055 годы оценивается в зависимости от вариантов в 2.3...4.01 км³, но может достигать в отдельные годы 8...12 км³. 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 км³, а в вегетацию – на 1.8 км³. В маловодные годы дефицит, вызываемый энергетической работой Нурекской ГЭС может составить около 4 км³.

Русловые потери в реке Амударья в среднем за 2020-2055 гг оцениваются приблизительно в 8 км³, что составляет около 15 % стока Амударьи в створе выше водозабора в Гарагумдарью. В отдельные особо многоводные годы потери могут возрастать до 16...18 км³, а в особо маловодные годы снижаться до 5 км³.

При расчете русловых потерь в проекте PEER были использованы полученные зависимости потерь от стока реки на участке: для среднего течения – линейные зависимости, показывающие потери в 1..4 % от стока реки, в низовьях – полиномиальные зависимости 2-й степени, показывающие потери в вегетацию в пределах 20..30 %, а в период с октября до марта – в пределах 10..22 % (оценка русловых потерь приводится в отчете 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 км³ (рис 4.3). В целом за 2020-2055 гг обеспеченность водой Южного Приаралья оценивается (из потребности в 9 км³) 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 км³ в год (смотрите отчет А.Сорокина по проекту PEER, 2.6).

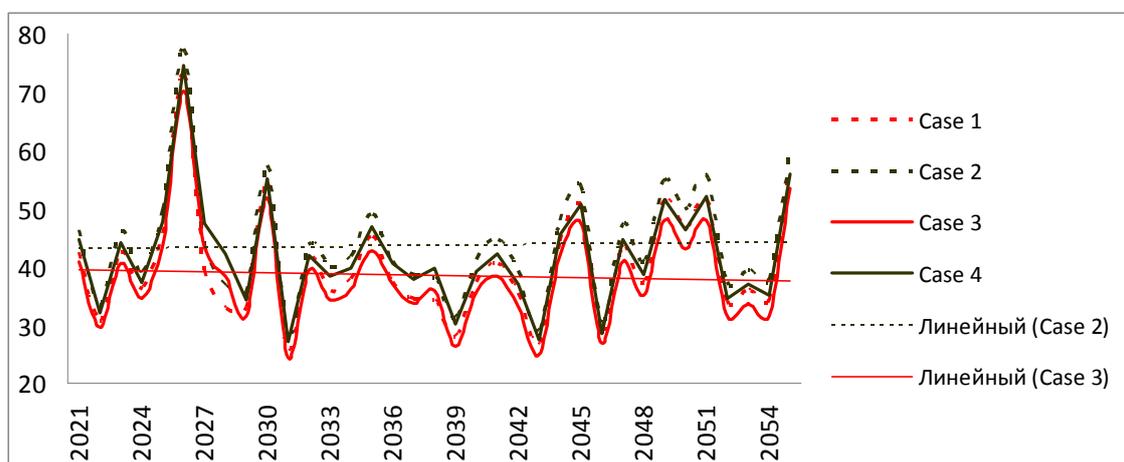


Рис. 4.1 Динамика объемов годового стока реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью за 2020-2055 гг по вариантам, км³.

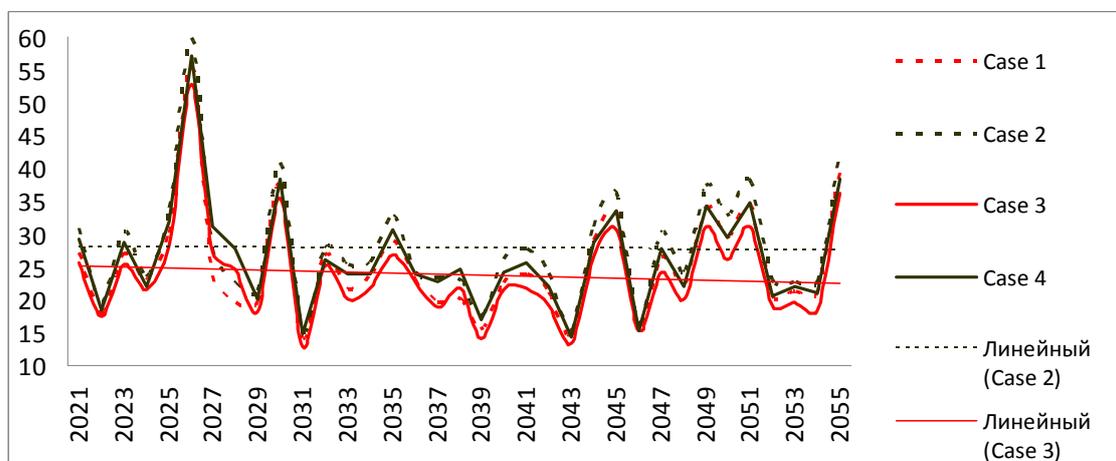


Рис. 4.2 Динамика объемов стока реки Амударья за вегетационные периоды (апрель-сентябрь) в створе Бирата (приток к ТМГУ) за 2020-2055 гг по вариантам, км³.

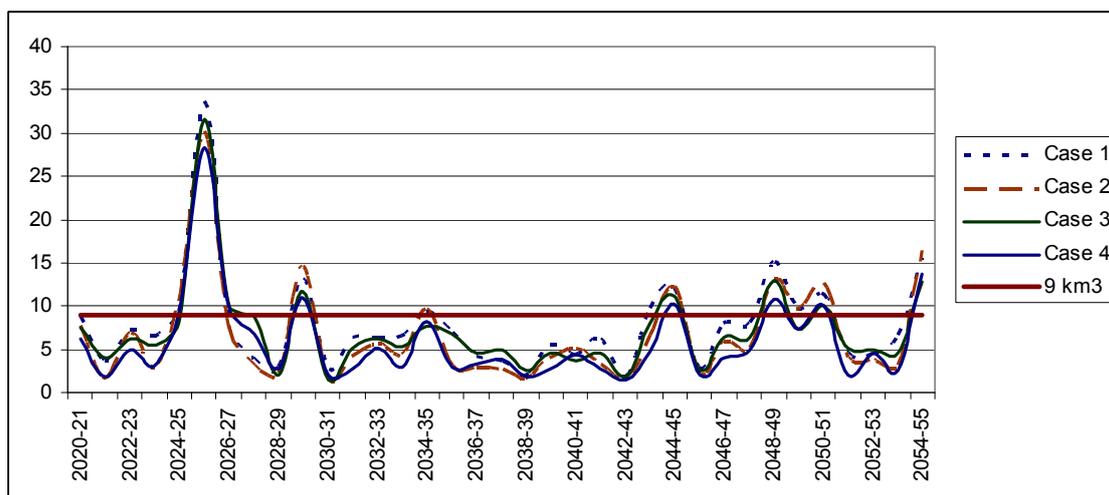


Рис. 4.3 Динамика годовых объемов стока, поступающего в Южное Приаралье – в озера и Аральское море по вариантам, км³.

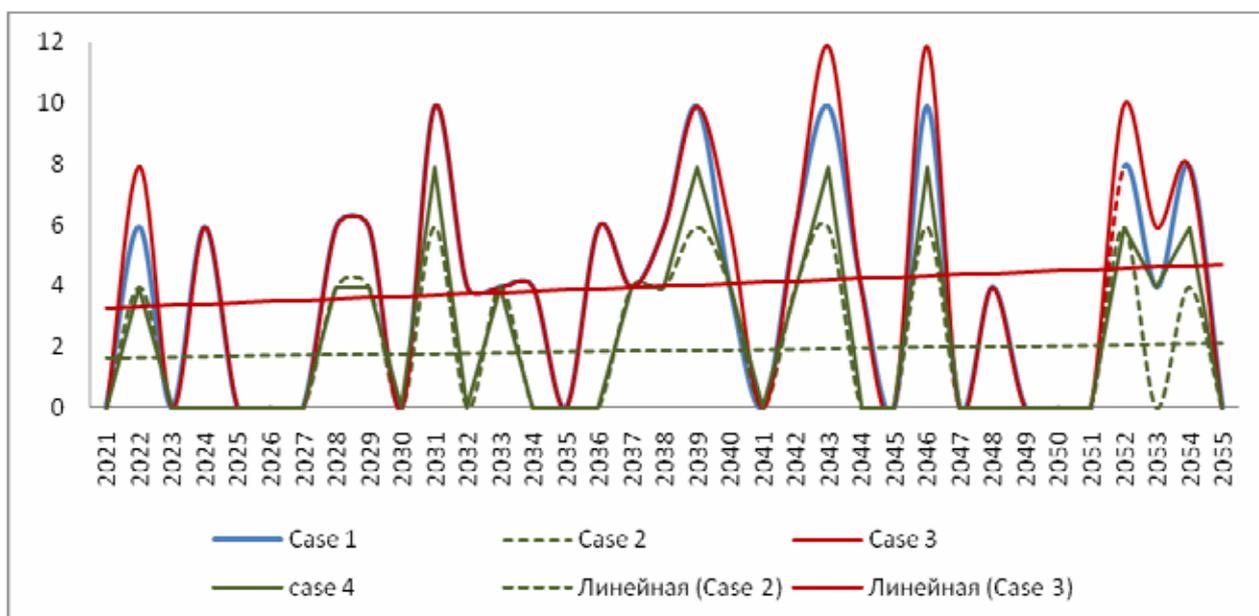


Рис. 4.4 Динамика дефицита воды в бассейне Амударьи за вегетационные периоды (апрель-сентябрь) за 2020-2055 гг по вариантам, км³.

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 (рис. 4.1, 4.2, таблица 4.4).

В таблице 4 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 4.4 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 (км3)	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
	БАССЕЙН РЕКИ КАФИРНИГАН				
1	Учетный 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	Учетный 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	53.58	38.49	53.39	41.91

	среднему течению				
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
21	Итого водозабор среднего течения Амударья	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 Амударья	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

Русловой баланс маловодного года

В Приложении 4 приводится помесечный 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 4.5-4.9.

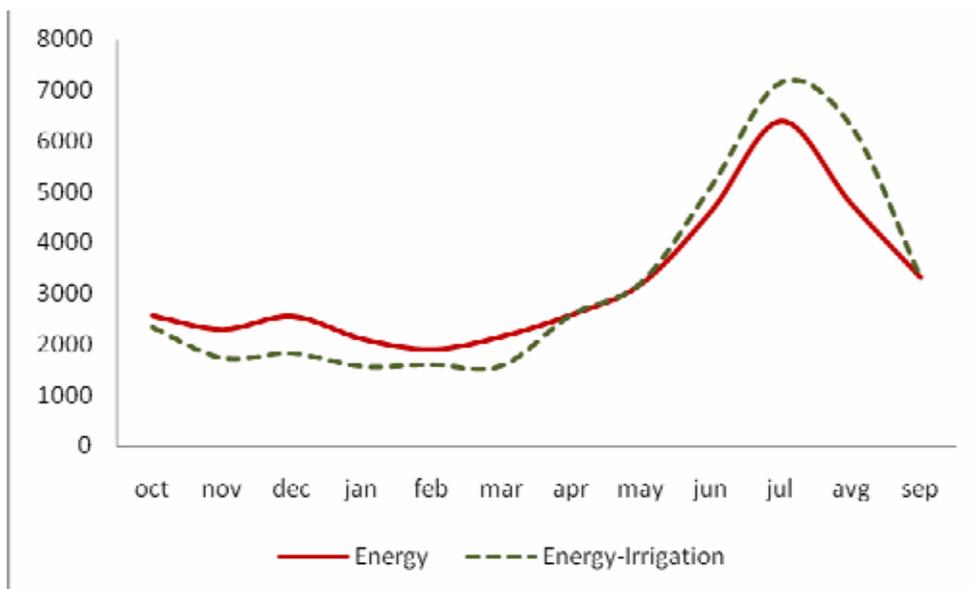


Рис. 4.5 Гидрограф стока реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью (г/п Келиф) для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м³ / мес

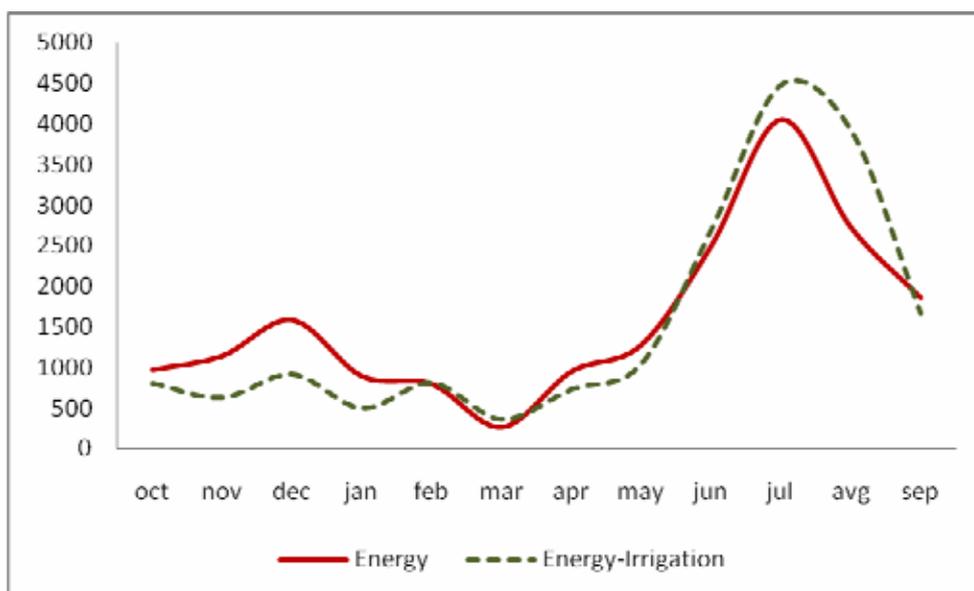


Рис. 4.6 Гидрограф стока реки Амударья в створе г/п Бирата (приток к ТМГУ) для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м³ / мес

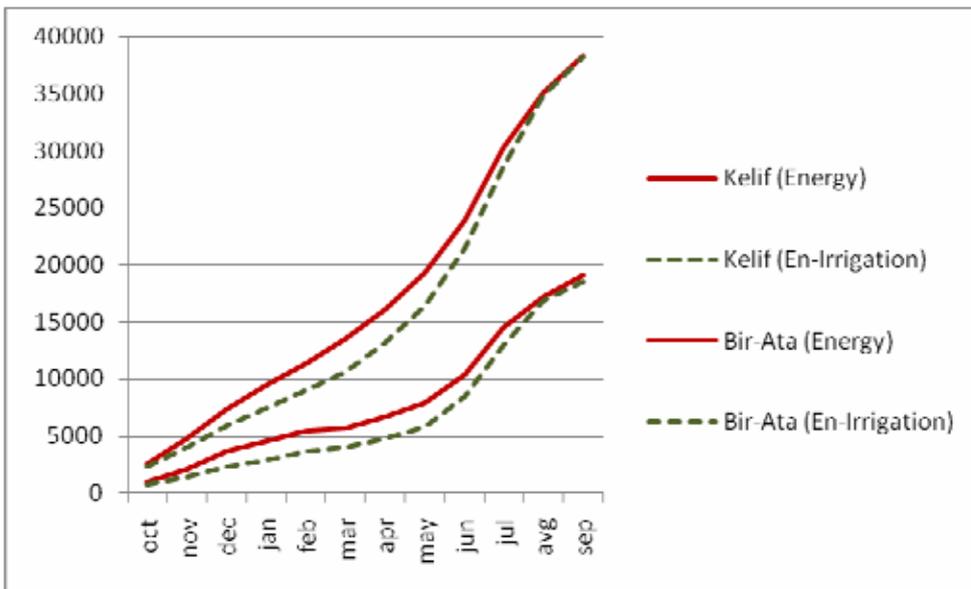


Рис. 4.7 Интегральные кривые стока реки Амударья в створе г/п Келиф и Бирата для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м3

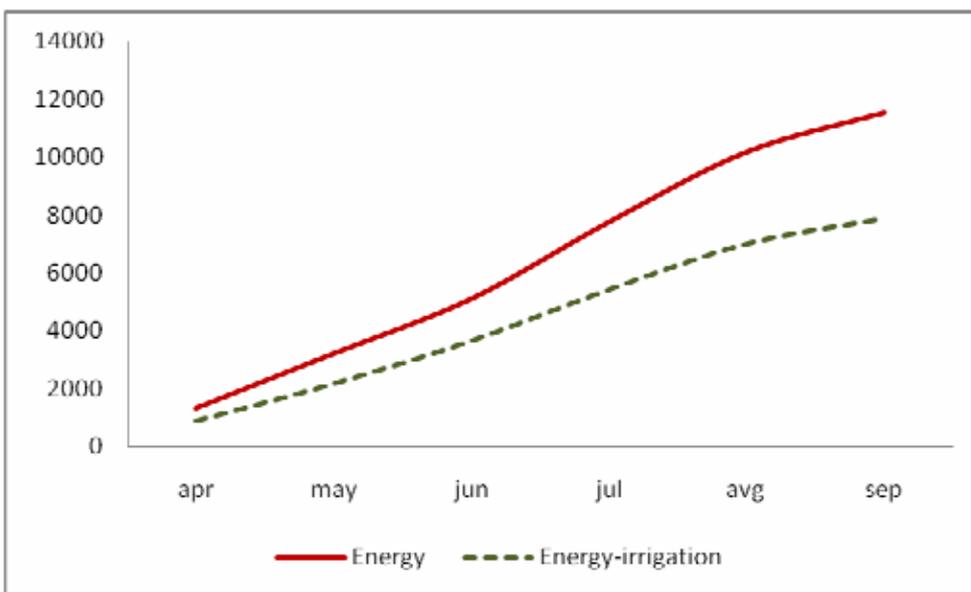


Рис. 4.8 Интегральная кривая дефицита воды в бассейне реки Амударья для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м3

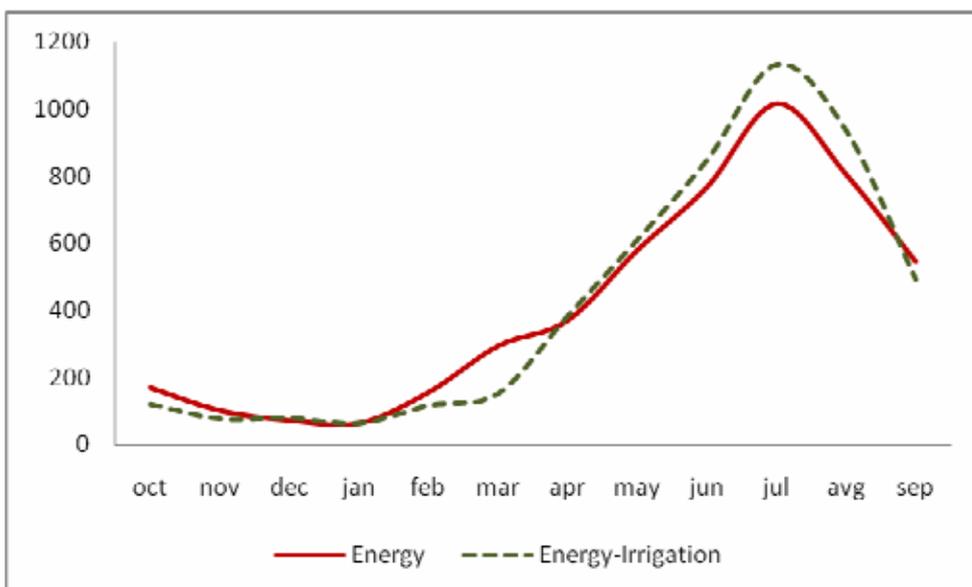


Рис. 4.9 Динамика русловых потерь реки Амударья для особо маловодного года (2042-2043 г) для вариантов: case 1(энергетический) и case 2 (энерго-ирригационный), млн.м³ / мес

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 км³, а для варианта 4 (энерго-ирригационный режим) – в 11.4 км³, т.е на 3.3 км³ больше.

Сток реки Вахш (по притоку к Нурекской ГЭС) оценивается в 15.3 км³, сток реки Пяндж (в створе Нижний Пяндж) – 24.4 км³, сток реки Кафирниган (устье) – 0.8 км³, Сурхандарьи (устье) – 0.4 км³, реки Кундуз (устье) – 3.0 км³, реки Амударьи (в створе выше водозабора в Гарагумдарью) – 38.3 км³, в том числе в вегетацию: для варианта 3– 24.8 км³, для варианта – 27.6 км³.

В гидрологическом ряду 2020-2055 гг сток Амударьи 2042-2043 года в створе выше Гарагумдарьи соответствует обеспеченности (вероятности превышения, Pm) в 95 % (смотрите рис 4.10). Это означает, что только в 5 случаях из 100 такой объем стока будет проходить по реке Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью.

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 км³, в том числе в вегетацию – 26.8 км³, в 2007-2008 году - 36 км³, в том числе в вегетацию – 22.5 км³.

В 2042-2043 приток к ТМГУ ожидается в объеме 18.5...19 км³, а подача в Южное Приаралье (включая КДВ) – 2.6...3 км³, 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 4.5. В таблице 4.6 приводятся данные по водозабору, лимитам и дефициту воды.

Таблица 4.5 Распределение дефицита воды, поступающей в каналы бассейна Амударьи, маловодный 2042-2043 гг, км³

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 4.6 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, км3	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, км3	0.00	11.85	11.85	2.36	7.90	10.26
в % от лимита	0	30	21	15	20	19

Статистический анализ

На рисунках 4.10-4.12 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 P_m рассчитывалась по формуле:

$$P_m = [m / (n + 1)] * 100 \% \quad \dots (1)$$

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

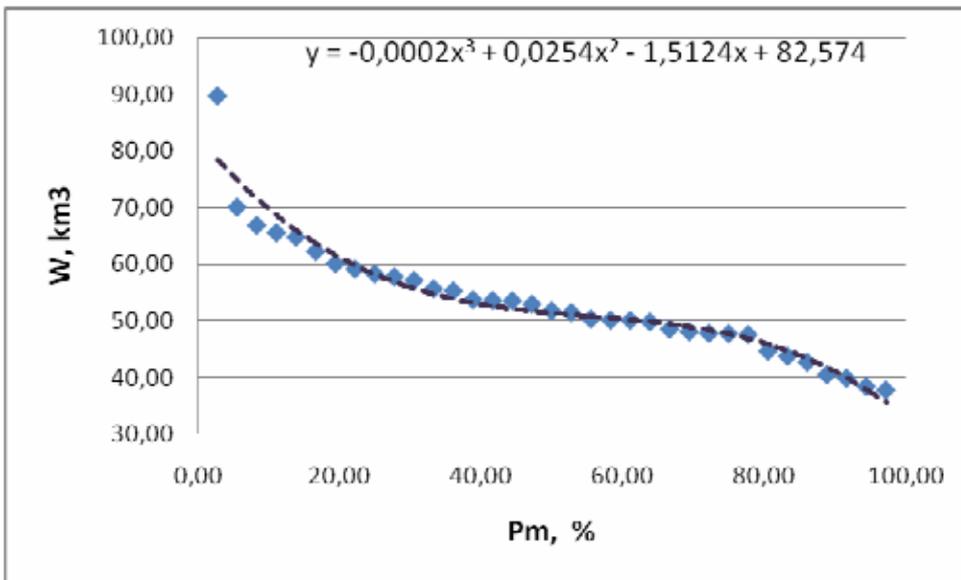


Рис 4.10 Кривая обеспеченности P_m (W) годовых объемов стока реки Амударьи в створе выше водозабора в Гарагумдарью, вариант 4 (обработка данных Руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

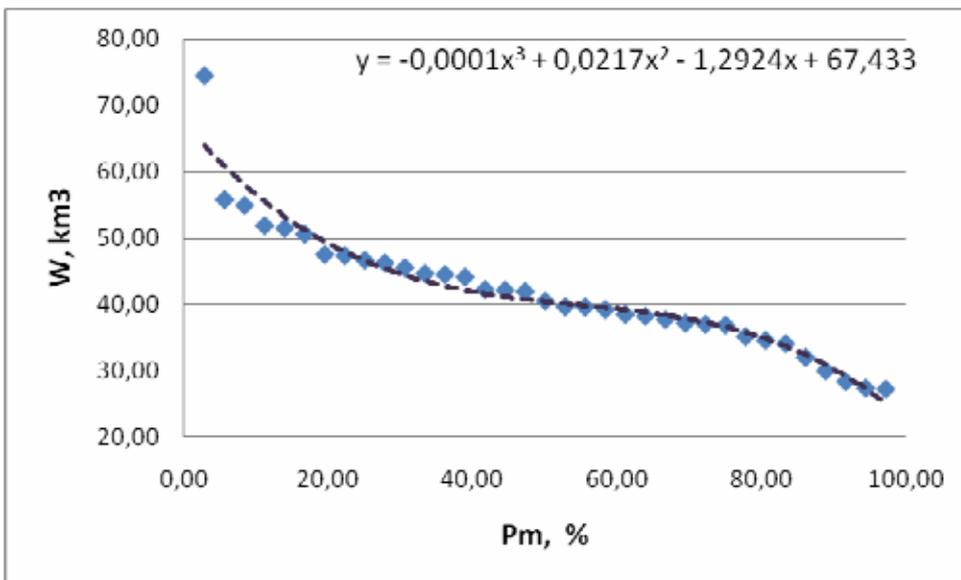


Рис 4.11 Кривая обеспеченности P_m (W) объемов стока реки Амударьи за вегетацию (апрель-сентябрь) в створе выше водозабора в Гарагумдарью, вариант 4 (обработка данных Руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

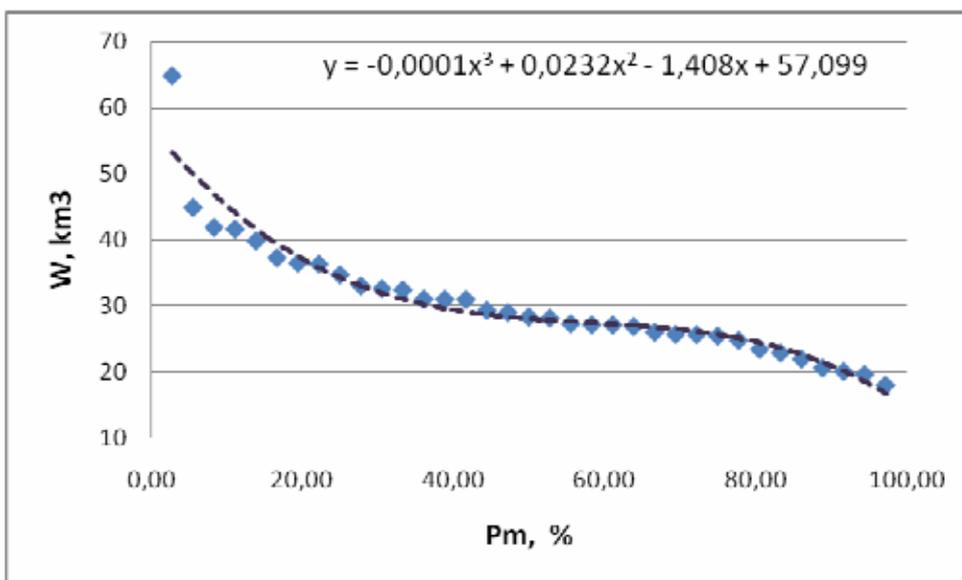


Рис 4.12 Кривая обеспеченности $P_m(W)$ годовых объемов стока реки Амударьи в створе Бирата, вариант 4 (обработка данных Руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

В таблице 4.7 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 4.7 Количество случаев (К) 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 рисунках 4.13, 4.14 приводятся кривые, показывающие графически соотношение глубины дефицита (D, %) от количества случаев их появления (К) из 100 при четырех сочетаниях сценариев (case).

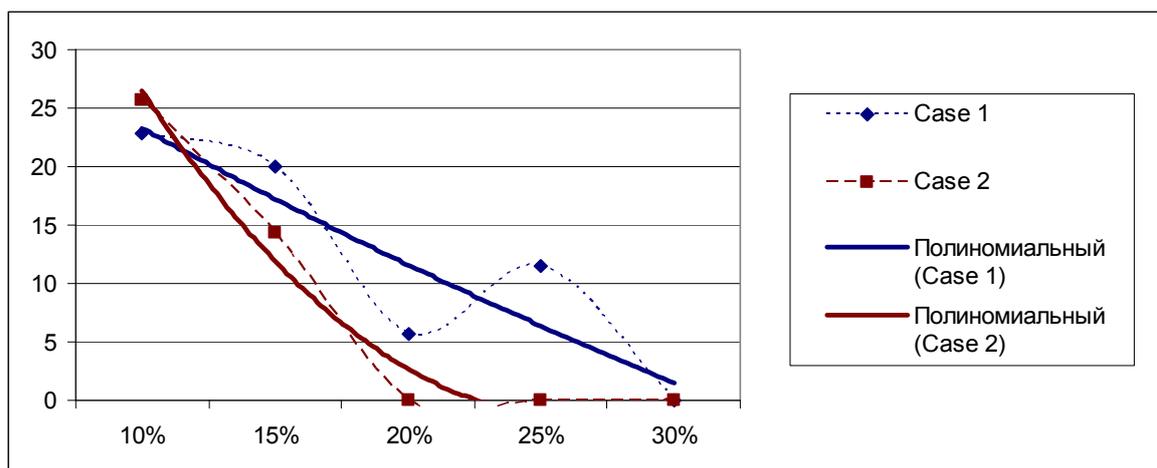


Рис 4.13 Зависимость глубины дефицита (D, %) от количества случаев их появления (К) из 100 : case 1 – энергетический режим работы Нурекской ГЭС, case 2 – энерго-иригационный режим работы Нурекской ГЭС, влияние климата не учитывается

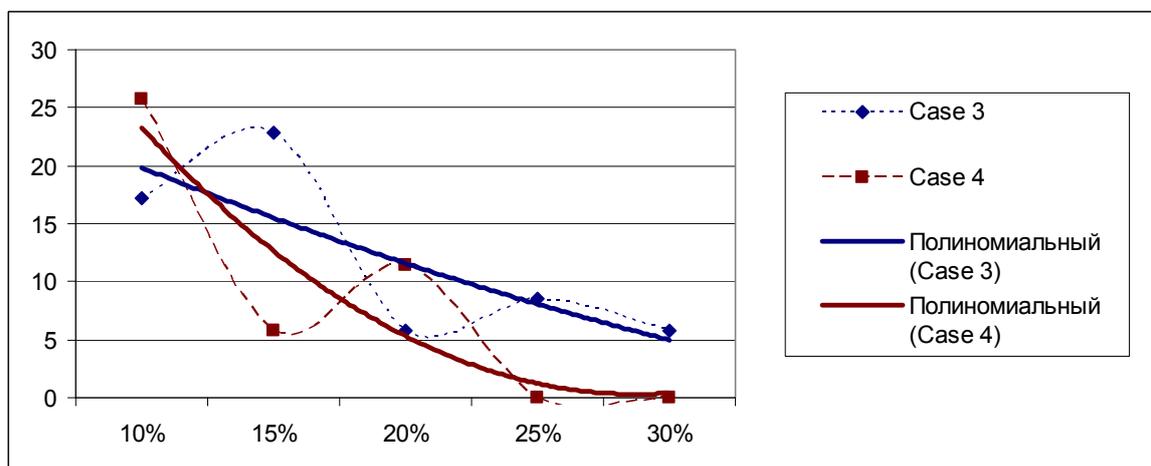


Рис 4.14 Зависимость глубины дефицита (D, %) от количества случаев их появления (К) из 100 : case 3 – энергетический режим работы Нурекской ГЭС, case 4 – энерго-иригационный режим работы Нурекской ГЭС, влияние климата – по REMO 0406

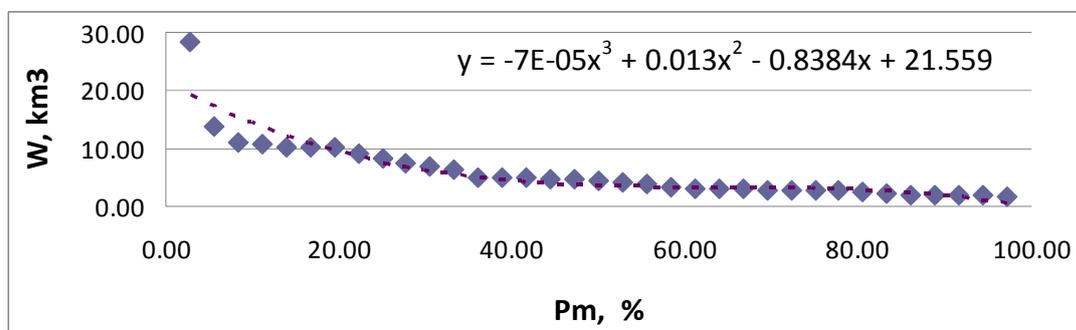


Рис 4.15 Кривая обеспеченности Pm (W) объемов стока реки Амударьи, Поступающего в Южное Приаралье (обработка данных Руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

Согласно расчетам в среднем за 2020-2055 гг в Южное Приаралье в зависимости от варианта будет поступать 5.9...7.8 км³ воды, из них в Аральское море – 3.6..4.3 км³ в год, т.е около 58 % суммарного поступления в озера и Арал. Объем стока в 9 км³ и больше возможен в 23 случаях из 100, объем в 9 - 4 км³ возможен в 37 случаях из 100, и объем стока меньше 4 км³ - в 40 случаях из 100. Кривая обеспеченности Pm (W) объемов стока реки Амударьи, Поступающего в Южное Приаралье приводится на рисунке 4.15.

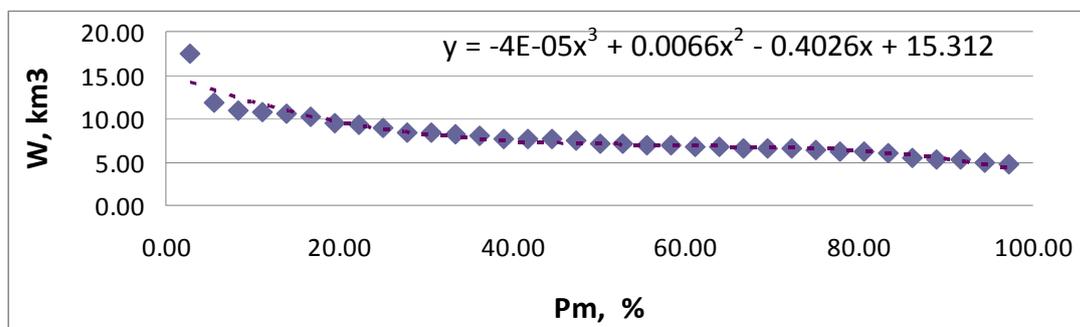


Рис 4.16 Кривая обеспеченности Pm (W) русловых потерь Амударьи, вариант 4 (обработка данных Руслового баланса Амударьи за 2020-2055 годы)

Русловые потери в среднем за 2020-2055 годы оцениваются в 7.8...8.2 км³ в год, при этом потери более 10 км³ ожидаются в 14 случаях из 100, потери в диапазоне 7...10 км³ ожидаются в 40 случаях из 100, и потери в диапазоне 5...7 км³ ожидаются в 44 случаях из 100. Кривая обеспеченности Pm (W) русловых потерь Амударьи для варианта 4 приводится на рис. 4.16.

5. Комплексная оценка перспектив развития областей стран и бассейна в целом – учет дефицита воды и потерь продукции орошаемого земледелия, поиск консенсуса между гидроэнергетикой, орошением и требованиями природного комплекса

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 ($\$/\text{га}$) и воды ($\$/\text{м}^3$) 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)

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 ЕСНАМ 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 %.

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). Результаты расчета стоимости э/э представлены в таблицах 5.1, 5.2, 5.3.

Таблица 5.1 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 5.2 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 5.3 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 5.4 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 5.5 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 5.6 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.\$.

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 км³/год, в том числе по бассейну реки Кундуз – 1.81 км³/год, а по бассейну реки Кокча – 0.03 км³/год. Современное суммарное водопотребление Афганистана из зоны, формирующей сток рек Пяндж и Амударья оценивается приблизительно в 3 км³ в год. В той же работе приводятся расчеты по вариантам потребности в воде Северного Афганистана на перспективу. Наиболее реалистичными являются варианты увеличения водопотребления Афганистана до 6 км³, т.е. на 3 км³ к 2050 году по сравнению с современным водозабором. Данное водопотребление учитывается в балансовых расчетах, выполняемых в рамках проекта PEER.

Регулирование КДВ Туркменистана

Необходимым условием реализации проекта туркменского озера 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 млрд.куб 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 млрд.куб.м в год, что составляет в среднем около 6 % выделяемого для Туркменистана лимита на водозабор из реки Амударья. Соответственно, на 0.8...1.3 млрд.куб.м 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 млрд.куб.м, 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.

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 куб.км/год воды. Подача воды в Аральское море не должна быть меньше 4 куб.км в год, а в озера – 3 куб.км в год (смотрите отчет А.Сорокина по проекту PEER, 2.6).

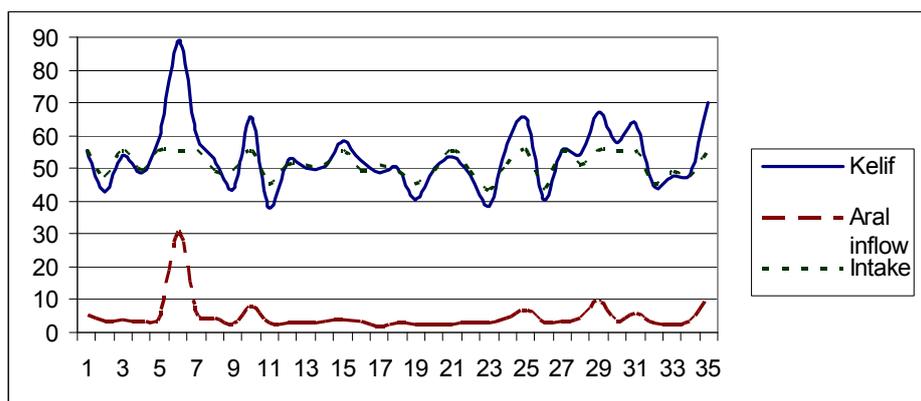


Рис 5.1 Динамика трансформации стока реки Амударья от створа Выше водозабора в Гарагумдарью (Келиф) до Аральского моря Для 35 летнего ряда (2020 – 2055 гг)

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 влияния климата, роста водопотребления Афганистана (на 3 км³ по сравнению с современным водозабором) и прекращении сброса КДВ в Амударью с территории Туркменистана, оценивается в 4 км³. При этом уровень русловых потерь не превышает 8 км³. Максимальные значения дефицита могут достигать 12 км³ (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 км³, с максимальными значениями в 8 км³ (2043 год). При этом дефицит не будет превышать 20 % требуемого водозабора, и количество таких случаев (лет) снизится до 11 из 100.

В таблице 5.7 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 5.8 приводятся осредненные за период 2020-2055 гг данные по требуемой подаче 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 $0.96 \text{ км}^3 / \text{год}$.

Требуемое водопотребление, рассчитанное по сценарию ESA в целом по бассейну на $5 \text{ км}^3 / \text{год}$ ниже лимитов на водозабор, устанавливаемых в годы средней водности и выше, но на $0.44 \text{ км}^3 / \text{год}$ меньше урезанного лимита маловодного года (2007-2008 гг). Водопотребление, рассчитанное по сценарию FSD выше лимита на меньшую величину – на $4 \text{ км}^3 / \text{год}$, а в маловодном году требуемое водопотребление превышает урезанный лимит на $1.4 \text{ км}^3 / \text{год}$. 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 5.9), что в целом по бассейну расчетный водозабор превышает требуемый: по варианту 3 (энергетический режим) на $1.02 \text{ км}^3 / \text{год}$ (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 $6.8 \text{ км}^3 / \text{год}$ (дефицит в 14 %), а по варианту 4 - на $5.2 \text{ км}^3 / \text{год}$ (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 $7.8 \text{ км}^3 / \text{год}$ (15 %), что на $2.6 \text{ км}^3 / \text{год}$ больше, чем в сочетании сценариев FSD + Case 3.

Таблица 5.7 Водозабор из трансграничных источников и дефицит воды в бассейне Амударьи, в среднем за период 2020-2055 гг , по вариантам 3 и 4 (результаты условного баланса)

Объекты водопотребления	Водозабор, км3		Дефицит к лимиту, км3	
	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 3	Вариант 4
Вахшская ЗП (ТJ)	6.62	6.76	0.47	0.33
Пянджская ЗП (ТJ)	1.55	1.60	0.14	0.09
Ниж.Кафирниганская ЗП (ТJ)	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 (ТУ)	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 (ТУ)	3.66	3.75	0.27	0.18
ИТОГО СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ	22.89	23.39	1.64	1.14
ЗП Дашогуз (ТУ)	5.93	6.12	0.51	0.32
Хорезмская ЗП (ТУ)	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 5.8 Требуемая подача воды в ЗП из трансграничных источников по сценариям (обработка результаты расчета на модели ЗП), - осреднение за период 2020-2055 гг, млн.м³/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 5.9 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 рисунках 5.1, 5.2 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

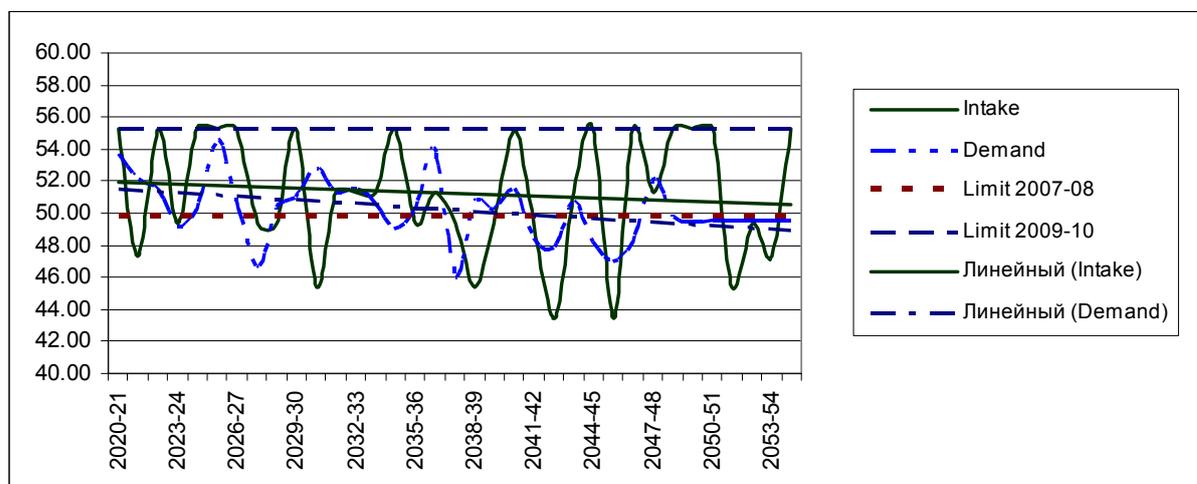


Рис. 5.2 Динамика требуемого водопотребления и водозабор в бассейне Амударьи на 2020-2055 гг.; сочетание сценариев: ESA + Case 3

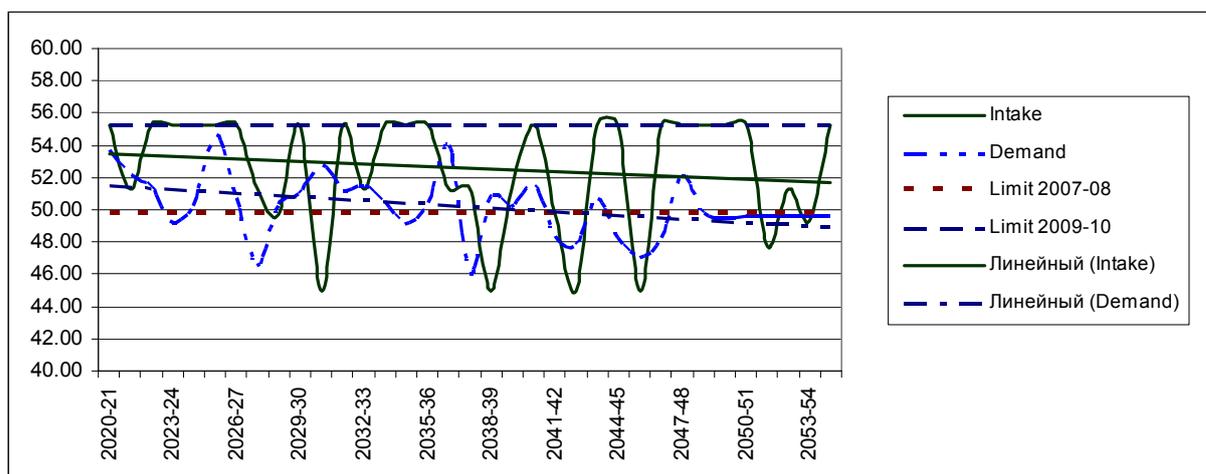


Рис. 5.3 Динамика требуемого водопотребления и водозабор в бассейне Амударьи на 2020-2055 гг.; сочетание сценариев: ESA + Case 4

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. В особо многоводные годы работа внутрисистемных водохранилищ (и соответствующих каналов) должна быть направлена на максимально возможную срезку пиков паводка, проходящего по реке Амударья.

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 ущерба в зонах низкой продуктивности станет государственной политикой. В противном случае, возникающие при непропорциональном распределении воды, социально-экономические потери, связанные с потерями в людских ресурсах (занятость населения) и производстве, перекроют возможные выгоды от использования более продуктивных земель.

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 \$/м³, в дальнейшем она выросла к 2010 году до 0.8...0.16 \$/м³. 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 5.10 и 5.11. 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 5.10 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
Мари	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
Дашауз	0.12	0.10	0.10	0.12	0.26	0.13	0.41

Таблица 5.11 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
Мари	1125	1150	1362	1274	3470	1307	4191
Лебап	1114	860	1090	951	2594	977	3169
Дашауз	1110	774	776	974	2559	1003	3875

Таблица 5.12 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), \$/m 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 (TU)	0.41	325	223
Каршинская ЗП (UZ)	0.39	105	76
Бухарская и Навойская ЗП (UZ)	0.69	211	146
Лебапская ЗП (TU)	0.35	92	63
ИТОГО СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ	0.45	734	509
ЗП Дашогуз (TU)	0.27	138	87
Хорезмская ЗП (TU)	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 5.13 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	Продуктивность воды (FSD), \$/m ³	Потери с/х продукции, млн. \$ / год	
		Вариант 3	Вариант 4
Вахшская ЗП (ТJ)	0.21	99	69
Пянджская ЗП (ТJ)	0.23	33	20
Ниж.Кафирниганская ЗП (ТJ)	0.21	16	9
Сурхандарьинская ЗП (UZ)	0.43	52	34
ИТОГО ВЕРХНЕЕ ТЕЧЕНИЕ	0.24	200	131
ЗП Мары, Ахал, Балкан (TU)	0.34	270	185
Каршинская ЗП (UZ)	0.30	82	59
Бухарская и Навойская ЗП (UZ)	0.59	180	124
Лебапская ЗП (TU)	0.31	82	56
ИТОГО СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ	0.37	613	425
ЗП Дашогуз (TU)	0.19	97	62
Хорезмская ЗП (TU)	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 5.14 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), \$/m ³	Продуктивность воды (ESA), \$/m ³	С/х продукция, млрд.\$	
			FSD	ESA
Вахшская ЗП (ТJ)	0.21	0.29	1.42	1.96
Пянджская ЗП (ТJ)	0.23	0.31	0.37	0.50
Ниж.Кафирниганская ЗП (ТJ)	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 (TU)	0.34	0.41	3.77	4.54
Каршинская ЗП (UZ)	0.30	0.39	1.26	1.62
Бухарская и Навойская ЗП (UZ)	0.59	0.69	2.55	2.98
Лебапская ЗП (TU)	0.31	0.35	1.14	1.29
ИТОГО СРЕДНЕЕ ТЕЧЕНИЕ	0.37	0.45	8.72	10.44
ЗП Дашогуз (TU)	0.19	0.27	1.16	1.65
Хорезмская ЗП (TU)	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 5.12, 5.13 приводятся данные по продуктивности оросительной воды и потерь с/х продукции в орошаемой 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 5.14 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 энерго-ирригационный режим потери в бассейне возможно уменьшить до 0.97 млрд. \$.

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 водodelению с Афганистаном, по нормированию русловых потерь, регулированию КДВ и поддержке 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 согласиться 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 поход 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 РЕЕР показывают возможности формирования такого дохода за счет:

- повышения выработки э/э при переходе с энергетического на энерго-ирригационный 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 (dCH_{IRR-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 (dCI_{IRR-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 ($dCI_{ESA-FSD}$) 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.

$$dC = dCH + dCI \dots (1)$$

$$dCH = dCH_{IRR-EN} = CH_{IRR} - CH_{EN} \dots (2)$$

$$dCI = dCI_{IRR-EN} + dCI_{ESA-FSD} = CI_{IRR} - CI_{EN} + CI_{ESA} - CI_{FSD} \dots (3)$$

Здесь: CH_{IRR} , CH_{EN} - стоимости э/э производимой Вахшским каскадом ГЭС при энерго-ирригационном и энергетическом режимах работы Нурекской ГЭС, CI_{IRR} , CI_{EN} - продукция орошаемого земледелия в стоимостном выражении, полученная при зарегулированном стоке реки Вахш в энерго-ирригационном и энергетическом режимах работы Нурекской ГЭС, CI_{ESA} , CI_{FSD} - 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 – $D_{IRR-EN(OCT-MAR)}$, 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 - $D_{IRR-EN(OCT-MAR)}$,
- определяется часть дополнительного регионального дохода, из которого покрывается дефицит э/э - dCI_{IRR-EN} (доход $dCI_{ESA-FSD}$ в компенсирующую часть не входит, поскольку получен не за счет регулирования стока, а реализации национальной стратегии развития орошаемого земледелия)
- размер компенсации Ind не должен превышать части дохода в орошении - $k \cdot dCI_{IRR-EN}$ и дефицита $D_{IRR-EN(OCT-MAR)}$; размер коэффициента k – предмет переговоров, $0 < k < 1$

Избытки э/э в период апрель – сентябрь - $S_{IRR(APR-SEP)}$, 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 5.15 приводятся результаты расчета регионального дохода (dC) и его составляющих, а также объема и стоимости компенсации Ind и избытков $S_{IRR(APR-SEP)}$ электроэнергии. Условно при расчете компенсации коэффициент $k = 0.5$.

5.15 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	CH _{IRR}	15.5 млрд.кВт.ч	0.96
2.Выработка э/э при энергетическом режиме	CH _{EN}	14.74 млрд.кВт.ч	0.91
3.Разница 1- 2	dCH	0.76 млрд.кВт.ч	0.05
4.Дефицит э/э в октябре-марте	D _{IRR(OCT-MAR)}	2.6 млрд.кВт.ч	0.16
5.Избыток э/э в апреле-сентябре	S _{IRR(APR-SEP)}	6.28 млрд.кВт.ч	0.39
6.Водозабор и продукция с/х при энерго-ирригационном режиме	CI _{IRR}	52.58 млрд.м3	19.4
7.Водозабор и продукция с/х при энергетическом режиме	CI _{EN}	51.23 млрд.м3	18.9
8.Разница 6 - 7	dCI _{IRR-EN}	1.35 млрд.м3	0.5
9.Продукция с/х при ESA	CI _{ESA}		19.4
10.Продукция с/х при FSD	CI _{FSD}		15.5
11.Разница 9- 10	dCI _{ESA-FSD}		3.9
12.Сумма 8 +11	dCI		4.4
13.Сумма 3 +12 (региональный доход в гидроэнергетике и орошаемом земледелии)	dC		4.45
14.Компенсация	Ind		0.16
15.Избыток э/э в апреле-сентябре	E	6.28 млрд.кВт.ч	0.39

На рис. 5.3 приводятся средние за 2020-2055 гг данные по доходам в гидроэнергетике (CH) и орошаемом земледелии (CI) в диапазоне альтернативных режимов работы Нурекской ГЭС.

В таблице 5.16 приводятся удельные показатели развития бассейна Амударьи, в среднем за 2020-2055 годы при альтернативных режимов работы Нурекской ГЭС., для сценария развития орошаемого земледелия ESA.

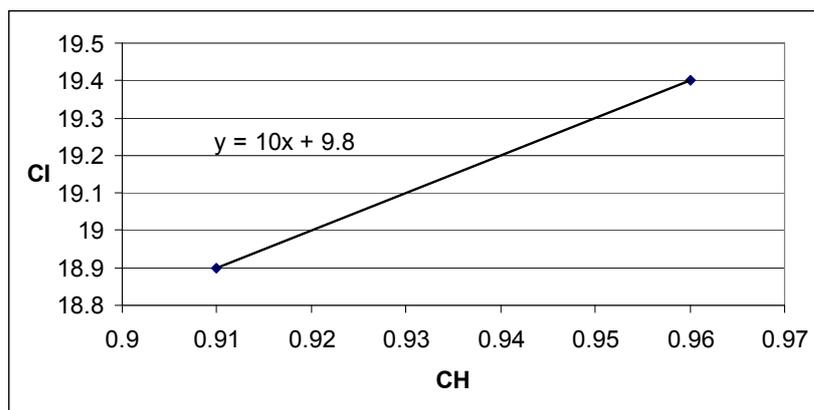


Рис. 5.3 Доходы в гидроэнергетике (СН) и орошаемом земледелии (СІ) в диапазоне альтернативных режимов работы Нурекской ГЭС, млрд.\$

Таблица 5.16 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

Удельные площади орошения (га на 1 чел) с 2020 по 2055 годы изменятся следующим образом: для Таджикистана – с 0.14 до 0.09 га/чел (среднее значение 0.11 га/чел), для Туркменистана – от 0.2 до 0.14 га/чел (среднее 0.16 га/чел), в Узбекистане – с 0.16 до 0.10 га/чел (среднее 0.13 га/чел).

6. Предложения по адаптации к изменению климата

Адаптационные меры к возможному изменению климата должны носить активный, а не пассивный характер. Если пассивная адаптация предполагает меры, снижающие возможное негативные последствия от влияния климата, то активная адаптация должна быть направлена на создание эффективной системы предупреждения, являющейся составной частью стратегий развития стран бассейна, нацеленных на повышение эффективности управления водными ресурсами, предупреждение возможных конфликтов регулирования стока.

Главным инструментом выживания в условиях будущего периодического маловодья должна стать система эффективного управления требованиями на воду, предусматривающая стимулирование водосбережения и внедрения инноваций, которые являются основными адаптационными мерами к климатическим изменениям. В орошении необходимо начать пересмотр лимитов водопользования и уточнение гидромодульного районирования.

Возможно, придется вернуться к идее постепенного снижения лимитов на водозаборы из трансграничных рек, в рамках выделяемых странам квот (%). Таким образом, высвобождая воду, можно будет обеспечить и устойчивость водных экосистем Приаралья.

Один из резервов снижения дефицитов воды в отдельные сезоны – совместное регулирование русловых (Вахшско-Амударьинский каскад) и внутрисистемных (Зеидское, Талимарджанское и др.) водохранилищ.

Ожидаемое снижение водных ресурсов в летние месяцы диктует соответствующие требования к регулированию летнего стока водохранилищами. Сегодня Нурекское водохранилище работает в режиме, при котором летом происходит наибольшее изъятие стока, обеспечивающее ежегодное максимальное наполнение водохранилища к сентябрю, что приводит к значительным холостым сбросам на ГЭС в августе-сентябре и потерям электроэнергии на этих сбросах. Оптимизация режима работы Нурекской ГЭС, с одной стороны, могла бы минимизировать холостые сбросы, а с другой - обосновать дополнительные (к существующим) попуски в летний период, необходимые (особо в маловодные годы) странам бассейна.

В качестве важного адаптационного мероприятия по снижению негативного влияния климатических изменений и глобальных вызовов, в рамках процесса построения и реализации бассейновых стратегий, необходимо организовать комплексные исследования по уточнению “Схем комплексного (интегрированного) использования водных ресурсов бассейнов рек”, а также разработке “Правил управления каскадами водохранилищ и ГЭС в бассейнах рек”, в которых необходимо прописать гарантированные попуски воды из ГЭС и потоки гидроэлектроэнергии.

Эффективность адаптационных мер будет определяться:

- Политикой в сфере управления – деятельностью государственной власти стан в сфере внутригосударственных и внешних отношений, определяющих интересы и приоритеты развития отраслей экономики, включая гидроэнергетику, орошаемое земледелие и экологию водных объектов,
- Кооперацией между странами,
- Инвестициями в водное хозяйство стран.

Инвестиционная политика должна быть направлена прежде всего на реализацию проектов по технологической реконструкции гидросооружений и ирригационных систем, реализации проектов по энерго- и водосбережению, на поддержку агро-промышленного комплекса и малого бизнеса, ориентированных на производство “дефицитных” и

конкурентно способных (как для внутреннего, так и внешнего рынков) продуктов питания; на создание оптимальных условий инновационного роста аграрного сектора – создание технической базы, снижение издержек и др. Развитие инновационной деятельности должно стать одним из приоритетных направлений. Ориентация на импорт замещение и экспорт с/х продукции должны стать основными ориентирами в аграрной политике фермеров.

Страны бассейна Амударьи должны поддерживать межгосударственное сотрудничество и на этой основе организовать совместную работу по координации своих действий в секторах экономик. Страны должны добиться прогресса в следующих направлениях, важных для бассейна Амударьи:

- в улучшении управления водными ресурсами трансграничных рек и предупреждении конфликтов между странами,
- в снижении рисков падения водообеспеченности отдельных зон (участков) бассейна,
- в снижении русловых потерь,
- в повышении эффективности регулирования стока, осуществляемого в увязке работы, речных и внутрисистемных водохранилищ,
- в недопущении увеличения ущербов окружающей среде, соблюдении экологических требований к стоку рек,
- в организации совместного мониторинга водных ресурсов.

Наилучшим сочетанием сценариев для бассейна следует признать сочетание энерго-ирригационного режима работы Нурекской ГЭС с стратегией развития ЗП (сценарием) ESA – ориентация на производство экспортных продуктов орошаемого земледелия.

Заключение

Выполненные исследования позволяют сформулировать ряд важных задач на будущее для бассейна реки Амударья:

- Обеспечение юридических гарантий, исключая (уменьшающих) риски негативного влияния регулирования стока крупных водохранилищных гидроузлов с ГЭС на водообеспеченность орошаемых зон; разработка правил регулирования стока в бассейне Амударья, снижающих дефициты и потери э/э и воды в бассейне,
- Смещение акцентов на активный сценарий развития, предусматривающий ускорение процессов модернизации аграрных секторов стран, включая переработку продукции и повышения экспортного потенциала (сценарий ESA); создание специализированных зон экономического развития, где экспериментально отработывалась бы концепция аграрного инновационного развития и водосбережения, основанная на стратегии достижения продовольственной безопасности, роста продуктивности и экспортных возможностей; под такое производство можно отдать в первую очередь земли, занятые хлопчатником с малой урожайностью,
- Внедрение передовых информационных технологий и моделирования в оперативное управление водными ресурсами, с целью оптимизации распределения воды, снижения потерь в условиях нарастающего дефицита воды, резких колебаний водности, вызванных природными факторами,
- Модернизация системы учета водных ресурсов и развитие мониторинга, использования спутниковых снимков и моделирования для улучшения методов гидрологического прогнозирования на краткосрочный и среднесрочный периоды.

В документах национальных водных и энергетических стратегий должна быть зафиксирована ответственность стран по скорейшей выработке комплексных, совместных решений в сферах пересечения интересов секторов экономик стран региона. Национальные водные стратегии и программы стратегического развития недостаточно учитывают региональные (бассейновые) возможности преимущества в управлении водными ресурсами, поскольку исходят, главным образом, из самообеспечения стран продуктами сельского хозяйства и электроэнергией, являющихся основой продовольственной и энергетической безопасности.

В Центральной Азии еще не разработана общие подходы к эффективному управлению водными ресурсами и устойчивому развитию бассейна Амударья, основанные на признании региональной ценности водных ресурсов, партнерстве, на взаимном учете интересов соседних стран, и на поиске региональных выгод, которые могут быть найдены при реализации интегрированного подхода, сглаживающего межсекторные противоречия, в переходе на межгосударственный и межсекторный уровни информирования, согласования и (возможно) управления.

В документах национальных стратегий должна быть зафиксирована ответственность стран по скорейшей выработке комплексных, совместных решений в сферах пересечения интересов секторов экономик стран региона. Первый шаг в выработке таких решений, сделанный в проекте PEER – комплексный анализ региона, в результате которого все заинтересованные лица могут получить уточнение (в цифрах, трендах) существующих проблем межгосударственного использования водных ресурсов и перспектив развития стран до 2030, 2050 гг.

Результаты проекта PEER показывают возможные варианты увязки национальных приоритетов управления водными ресурсами на бассейновом уровне в условиях возможных климатических изменений.

Литературные источники

- 1.Петров Г.Н. Оптимизация режимов работы гидроузлов с водохранилищами. Душанбе, 2009.
- 2.Исследования Всемирного Банка, 2013. Энергетический кризис в Таджикистане в зимний период
- 3.Оценочный доклад “Управление возвратными водами в Туркменистане”, Ашхабад, 2011
- 4.Афганистан: возвращение к мирной жизни, Ташкент, 2007

Приложение 1. Режим Нурекской ГЭС и выработка электроэнергии на Вахшском каскаде за 2010-2020 годы

2010-2011	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	1095	785	566	507	400	472	1231	2474	3127	4051	4041	2047	3824	16972	20796
Rule Curve	0,99	0,94	0,85	0,75	0,64	0,57	0,60	0,67	0,80	0,95	0,99	1,00	0,79	0,84	0,81
Res.vol. 1, mcm	10507	10469	9965	9025	7945	6800	6000	6364	7066	8469	10088	10517	9119	8084	8601
Res.vol. 2, mcm	10469	9965	9025	7945	6800	6000	6364	7066	8469	10088	10517	10537	8367	8840	8604
Avg.Res.vol, mcm	10488	10217	9495	8485	7373	6400	6182	6715	7767	9278	10302	10527	8743	8462	8602
Avg.Res. H, m	910	907	899	888	875	864	862	868	880	897	908	911	891	888	889
Outflow, mcm	1166	1289	1506	1587	1544	1271	868	1772	1724	2432	3612	2027	8363	12435	20799
Outflow, m3/s	435	497	562	593	638	474	335	662	665	908	1348	782	533	783	658
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	253	242	229	219	217	222	233	250	260	264	245	241	243
K	8,60	8,62	8,68	8,75	8,84	8,91	8,92	8,89	8,81	8,70	8,63	8,60	9	9	9
Qhps_, m3/s	435	497	562	593	638	474	335	662	665	908	1348	782	533	783	658
N, MWh	992	1121	1235	1254	1293	925	649	1304	1368	1973	3000	1776	1137	1678	1408
Enurek, mkwth	738	807	919	933	869	688	467	970	985	1468	2232	1279	4955	7401	12356
Evahsh, mkwth	235	259	284	296	314	250	197	323	324	418	588	369	1639	2218	3857
E, mkwth	973	1067	1203	1229	1182	939	664	1293	1309	1885	2820	1648	6594	9619	16213
q = Out / Enur, m3/kwth	1,58	1,60	1,64	1,70	1,78	1,85	1,86	1,83	1,75	1,66	1,62	1,58	1,69	1,68	1,68
2011-2012	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	895	830	623	452	323	444	2341	2644	4038	4724	4018	2232	3567	19999	23565
Rule Curve	0,98	0,93	0,85	0,75	0,65	0,57	0,63	0,70	0,79	0,92	0,99	1,00	0,79	0,84	0,81
Res.vol. 1, mcm	10537	10324	9877	9029	7950	6838	6064	6703	7366	8358	9765	10509	9092	8128	8610
Res.vol. 2, mcm	10324	9877	9029	7950	6838	6064	6703	7366	8358	9765	10509	10543	8347	8874	8610
Avg.Res.vol, mcm	10430	10100	9453	8489	7394	6451	6384	7034	7862	9062	10137	10526	8720	8501	8610
Avg.Res. H, m	910	906	899	888	876	865	864	872	881	894	906	911	890	888	889
Outflow, mcm	1108	1278	1470	1532	1434	1217	1703	1981	3046	3317	3274	2198	8039	15520	23559
Outflow, m3/s	414	493	549	572	593	454	657	740	1175	1238	1222	848	512	980	746
dH = H-Hout-Hlos, m	264	260	253	242	230	220	218	225	233	247	259	264	245	241	243
K	8,60	8,63	8,68	8,75	8,84	8,90	8,91	8,87	8,81	8,72	8,64	8,61	9	9	9

Qhps_, m3/s	414	493	549	572	593	454	657	740	1175	1238	1222	848	512	980	746
N, MWh	941	1107	1205	1211	1203	888	1277	1476	2416	2664	2732	1926	1092	2082	1587
Enurek, mkwth	700	797	896	901	808	661	919	1098	1739	1982	2033	1386	4763	9158	13921
Evahsh, mkwth	227	258	279	288	296	243	321	353	521	545	539	395	1590	2674	4264
E, mkwth	927	1055	1175	1189	1104	904	1240	1451	2260	2527	2572	1781	6354	11831	18185
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,64	1,70	1,77	1,84	1,85	1,80	1,75	1,67	1,61	1,59	1,69	1,69	1,69
2012-2013	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	881	675	525	504	408	628	1193	2282	3712	3765	3865	2002	3620	16819	20439
Rule Curve	0,98	0,93	0,86	0,77	0,69	0,60	0,58	0,65	0,79	0,93	1,00	1,00	0,80	0,82	0,81
Res.vol. 1, mcm	10543	10352	9865	9039	8121	7292	6365	6161	6868	8360	9801	10539	9202	8016	8609
Res.vol. 2, mcm	10352	9865	9039	8121	7292	6365	6161	6868	8360	9801	10539	10561	8506	8715	8610
Avg.Res.vol, mcm	10447	10109	9452	8580	7707	6829	6263	6514	7614	9081	10170	10550	8854	8365	8610
Avg.Res. H, m	910	906	899	889	879	869	863	866	878	895	907	911	892	886	889
Outflow, mcm	1139	1157	1390	1423	1237	1581	1397	1575	2219	2325	3127	1980	7927	12624	20551
Outflow, m3/s	425	447	519	531	511	590	539	588	856	868	1168	764	504	797	651
dH = H-Hout-Hlos, m	264	261	253	243	233	223	217	220	231	248	259	264	246	240	243
K	8,60	8,63	8,68	8,75	8,81	8,88	8,92	8,90	8,83	8,72	8,64	8,60	9	9	9
Qhps_, m3/s	425	447	519	531	511	590	539	588	856	868	1168	764	504	797	651
N, MWh	967	1004	1140	1129	1052	1170	1044	1151	1747	1873	2613	1737	1077	1694	1385
Enurek, mkwth	720	723	848	840	707	870	751	856	1258	1394	1944	1251	4707	7454	12161
Evahsh, mkwth	231	240	268	272	265	295	275	294	398	402	518	362	1571	2250	3820
E, mkwth	951	962	1115	1112	971	1166	1027	1150	1655	1796	2462	1613	6278	9703	15981
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,64	1,69	1,75	1,82	1,86	1,84	1,76	1,67	1,61	1,58	1,68	1,69	1,69
2013-2014	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	1095	641	574	477	364	398	1064	2777	3412	4464	3182	1909	3549	16808	20357
Rule Curve	0,98	0,93	0,85	0,76	0,68	0,59	0,58	0,67	0,82	0,94	1,00	1,00	0,80	0,83	0,82
Res.vol. 1, mcm	10561	10351	9783	9005	8070	7175	6240	6121	7100	8683	9917	10554	9157	8103	8630
Res.vol. 2, mcm	10351	9783	9005	8070	7175	6240	6121	7100	8683	9917	10554	10541	8437	8819	8628
Avg.Res.vol, mcm	10456	10067	9394	8538	7623	6708	6181	6611	7892	9300	10235	10548	8797	8461	8629
Avg.Res. H, m	910	906	898	888	878	868	862	867	881	897	907	911	891	888	889

Outflow, mcm	1305	1209	1352	1412	1260	1333	1184	1791	1837	3220	2505	1921	7870	12459	20328
Outflow, m3/s	487	467	505	527	521	498	457	669	709	1202	935	741	501	785	643
dH = H-Hout-Hlos, m	264	260	252	243	232	222	217	221	235	249	260	264	246	241	243
K	8,60	8,63	8,68	8,75	8,82	8,89	8,92	8,90	8,80	8,70	8,63	8,60	9	9	9
N, MWh	1108	1047	1106	1119	1067	983	883	1312	1464	2609	2101	1686	1071	1676	1374
Enurek, mkwth	824	754	823	832	717	731	636	976	1054	1941	1563	1214	4681	7384	12065
Evahsh, mkwth	255	247	262	271	268	259	244	325	341	531	428	353	1563	2223	3786
E, mkwth	1079	1001	1085	1103	985	990	879	1301	1395	2472	1992	1567	6244	9607	15851
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,64	1,70	1,76	1,82	1,86	1,83	1,74	1,66	1,60	1,58	1,68	1,69	1,68
2014-2015	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	905	662	556	522	496	679	1458	2783	3692	5839	4049	1522	3820	19343	23163
Rule Curve	0,99	0,94	0,87	0,80	0,72	0,64	0,63	0,73	0,83	0,96	0,99	0,99	0,83	0,86	0,84
Res.vol. 2, mcm	10419	9929	9205	8411	7633	6779	6700	7761	8810	10145	10500	10500	8729	9069	8899
Avg.Res.vol, mcm	10480	10174	9567	8808	8022	7206	6740	7231	8286	9478	10323	10500	9043	8759	8901
Avg.Res. H, m	910	907	900	891	883	874	868	874	886	899	908	910	894	891	892
Outflow, mcm	1029	1170	1259	1317	1275	1535	1562	1722	2651	4508	3668	1528	7585	15640	23225
Outflow, m3/s	384	451	470	492	527	573	603	643	1023	1683	1370	590	483	985	734
dH = H-Hout-Hlos, m	265	261	254	246	237	228	222	228	238	251	261	264	248	244	246
K	8,60	8,62	8,67	8,73	8,79	8,85	8,89	8,85	8,78	8,69	8,63	8,60	9	9	9
Qhps, m3/s	384	451	470	492	527	573	603	643	1023	1350	1350	590	483	926	705
Qlos, m3/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333	20	0	0	59	29
N, MWh	875	1017	1037	1055	1097	1154	1190	1294	2140	2944	3000	1341	1039	1985	1512
Enurek, mkwth	651	732	771	785	737	859	857	963	1541	2191	2232	965	4536	8748	13284
Evahsh, mkwth	216	242	249	257	271	289	300	315	462	717	596	295	1522	2685	4207
E, mkwth	867	974	1020	1042	1008	1147	1157	1278	2003	2908	2828	1260	6058	11433	17491
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,63	1,68	1,73	1,79	1,82	1,79	1,72	2,06	1,64	1,58	1,67	1,79	1,75
2015-2016	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	955	754	578	551	431	591	1079	3087	3727	4162	3198	1977	3860	17230	21090
Rule Curve	0,99	0,94	0,85	0,75	0,64	0,57	0,60	0,67	0,80	0,95	0,99	1,00	0,79	0,84	0,81
Rule Curve	0,99	0,94	0,85	0,75	0,64	0,57	0,60	0,67	0,80	0,95	0,99	1,00	0,79	0,84	0,81

Res.vol. 2, mcm	10469	9965	9025	7945	6800	6000	6364	7066	8469	10088	10517	10537	8367	8840	8604
Avg.Res.vol, mcm	10488	10217	9495	8485	7373	6400	6182	6715	7767	9278	10302	10527	8743	8462	8602
Avg.Res. H, m	910	907	899	888	875	864	862	868	880	897	908	911	891	888	889
Outflow, mcm	1030	1142	1289	1387	1387	1399	1455	1615	2335	3094	3026	1887	7634	13412	21047
Outflow, m3/s	385	441	481	518	573	522	562	603	901	1155	1130	728	487	846	667
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	254	242	229	219	216	222	233	249	261	264	245	241	243
K	8,60	8,62	8,68	8,75	8,84	8,91	8,93	8,89	8,81	8,70	8,63	8,60	9	9	9
Qhps_, m3/s	385	441	481	518	573	522	562	603	901	1155	1130	728	487	846	667
N, MWh	877	994	1059	1097	1163	1018	1083	1190	1848	2506	3000	1654	1034	1880	1457
Enurek, mkwth	652	716	788	816	781	757	780	885	1331	1864	2232	1191	4510	8283	12794
Evahsh, mkwth	216	237	253	267	289	269	284	300	415	513	503	348	1531	2364	3894
E, mkwth	868	953	1041	1083	1070	1026	1064	1185	1746	2378	2735	1539	6041	10647	16688
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,64	1,70	1,78	1,85	1,87	1,83	1,75	1,66	1,36	1,58	1,69	1,62	1,65
2016-2017	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	942	634	606	523	476	608	1946	3796	3995	5268	4285	2160	3790	21451	25241
Rule Curve	0,98	0,93	0,85	0,75	0,65	0,57	0,63	0,70	0,79	0,92	0,99	1,00	0,79	0,84	0,81
Res.vol. 1, mcm	10537	10324	9877	9029	7950	6838	6064	6703	7366	8358	9765	10509	9092	8128	8610
Res.vol. 2, mcm	10324	9877	9029	7950	6838	6064	6703	7366	8358	9765	10509	10543	8347	8874	8610
Avg.Res.vol, mcm	10430	10100	9453	8489	7394	6451	6384	7034	7862	9062	10137	10526	8720	8501	8610
Avg.Res. H, m	910	906	899	888	876	865	864	872	881	894	906	911	890	888	889
Outflow, mcm	1059	1019	1145	1370	1427	1642	1801	3098	2980	3928	3482	2117	7662	17406	25068
Outflow, m3/s	395	393	428	512	590	613	695	1157	1150	1467	1300	817	488	1097	793
dH = H-Hout-Hlos, m	264	261	253	242	230	219	218	224	233	246	259	264	245	241	243
K	8,60	8,63	8,68	8,75	8,84	8,91	8,91	8,87	8,81	8,72	8,64	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	395	393	428	512	590	613	695	1157	1150	1350	1300	817	488	1078	783
Qlos, m3/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	0	0	0	19	10
N, MWh	899	884	940	1084	1197	1195	1350	2300	2364	2901	2905	1855	1033	2279	1656
Enurek, mkwth	669	636	699	807	804	889	972	1711	1702	2159	2161	1335	4505	10040	14544
Evahsh, mkwth	220	219	232	265	295	304	335	514	511	633	569	382	1535	2945	4480
E, mkwth	889	855	931	1072	1099	1193	1307	2225	2213	2792	2730	1718	6039	12985	19024
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,64	1,70	1,77	1,85	1,85	1,81	1,75	1,82	1,61	1,59	1,70	1,73	1,72

2017-2018	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	905	669	565	479	399	552	879	1958	2579	3964	3375	2309	3569	15064	18633
Rule Curve	0,99	0,95	0,86	0,73	0,65	0,57	0,57	0,62	0,73	0,82	0,95	0,99	0,79	0,78	0,79
Res.vol. 1, mcm	10543	10469	10042	9090	7716	6871	6000	6025	6553	7716	8667	10042	9122	7501	8311
Res.vol. 2, mcm	10469	10042	9090	7716	6871	6000	6025	6553	7716	8667	10042	10469	8365	8245	8305
Avg.Res.vol, mcm	10506	10255	9566	8403	7293	6435	6012	6289	7135	8192	9354	10255	8743	7873	8308
Avg.Res. H, m	910	908	900	887	874	865	860	863	873	885	898	908	891	881	886
Outflow, mcm	979	1096	1516	1854	1245	1422	854	1429	1416	3013	2001	1882	8112	10595	18707
Outflow, m3/s	366	423	566	692	515	531	329	534	546	1125	747	726	515	668	592
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	254	241	229	219	215	217	227	237	251	261	245	235	240
K	8,60	8,62	8,67	8,76	8,84	8,91	8,93	8,92	8,85	8,79	8,69	8,62	9	9	9
Qhps_, m3/s	366	423	566	692	515	531	329	534	546	1125	747	726	515	668	592
N, MWh	834	956	1247	1458	1041	1036	633	1035	1098	2343	1630	1635	1095	1396	1245
Tmax, h	744	720	744	744	672	744	720	744	720	744	744	720	4368	4392	8760
Enurek, mkwth	621	688	928	1085	699	771	456	770	790	1743	1212	1177	4792	6149	10941
Evahsh, mkwth	208	230	286	334	266	272	194	273	278	501	356	348	1597	1950	3547
E, mkwth	829	919	1214	1419	965	1043	650	1043	1068	2244	1568	1525	6389	8099	14488
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,59	1,63	1,71	1,78	1,85	1,87	1,86	1,79	1,73	1,65	1,60	1,69	1,72	1,71

2018-2019	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	884	594	504	455	411	562	1003	1543	2468	3589	3134	1638	3410	13374	16784
Rule Curve	0,99	0,94	0,83	0,77	0,65	0,57	0,57	0,62	0,75	0,85	0,95	1,00	0,79	0,79	0,79
Res.vol. 1, mcm	10469	10469	9936	8773	8139	6871	6000	6025	6553	7928	8985	10042	9109	7589	8349
Res.vol. 2, mcm	10469	9936	8773	8139	6871	6000	6025	6553	7928	8985	10042	10537	8365	8345	8355
Avg.Res.vol, mcm	10469	10202	9354	8456	7505	6435	6012	6289	7240	8456	9513	10289	8737	7967	8352
Avg.Res. H, m	910	907	898	888	877	865	860	863	874	888	899	908	891	882	886
Outflow, mcm	884	1127	1666	1090	1680	1433	978	1014	1093	2532	2077	1143	7879	8837	16716
Outflow, m3/s	330	435	622	407	694	535	377	379	422	945	775	441	504	557	530
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	251	242	230	219	215	218	229	240	253	263	245	236	241
K	8,60	8,62	8,69	8,75	8,83	8,91	8,93	8,91	8,84	8,76	8,68	8,61	9	9	9
Qhps_, m3/s	330	435	622	407	694	535	377	379	422	945	775	441	504	557	530

N, MWh	752	980	1359	862	1413	1044	725	736	853	1991	1701	997	1068	1167	1118
Enurek, mkwth	560	706	1011	642	949	777	522	548	614	1482	1265	718	4644	5149	9793
Evahsh, mkwth	195	235	307	224	335	274	213	213	230	432	367	237	1570	1693	3263
E, mkwth	754	941	1319	866	1285	1050	735	761	844	1914	1632	955	6215	6841	13056
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,65	1,70	1,77	1,85	1,87	1,85	1,78	1,71	1,64	1,59	1,70	1,72	1,71
2019-2020	oct	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	oct-mar	apr-sep	oct-sep
Inflow, mcm	763	578	498	437	409	579	1161	1829	3344	3857	3321	1729	3263	15241	18505
Rule Curve	0,99	0,96	0,87	0,73	0,65	0,58	0,57	0,61	0,72	0,82	0,94	0,99	0,80	0,78	0,79
Res.vol. 1, mcm	10537	10485	10094	9175	7716	6871	6131	6025	6448	7610	8667	9936	9146	7469	8308
Res.vol. 2, mcm	10485	10094	9175	7716	6871	6131	6025	6448	7610	8667	9936	10469	8412	8193	8302
Avg.Res.vol, mcm	10511	10290	9635	8445	7293	6501	6078	6236	7029	8139	9302	10202	8779	7831	8305
Avg.Res. H, m	911	908	901	887	874	866	861	863	872	884	897	907	891	881	886
Outflow, mcm	815	969	1418	1895	1254	1318	1267	1407	2181	2800	2053	1196	7670	10903	18573
Outflow, m3/s	304	374	529	708	519	492	489	525	841	1045	766	461	488	688	588
dH = H-Hout-Hlos, m	266	263	255	241	229	220	215	217	225	237	250	262	246	234	240
K	8,59	8,61	8,67	8,76	8,84	8,90	8,93	8,92	8,87	8,79	8,70	8,62	9	9	9
Qhps_, m3/s	304	374	529	708	519	492	489	525	841	1045	766	461	488	688	588
N, MWh	695	847	1169	1493	1049	964	940	1016	1677	2174	1669	1040	1036	1419	1228
Enurek, mkwth	517	610	870	1111	705	717	677	756	1207	1617	1241	749	4529	6248	10777
Evahsh, mkwth	185	212	272	340	267	257	256	270	392	471	363	245	1533	1997	3530
E, mkwth	702	821	1142	1451	972	974	933	1026	1599	2088	1605	994	6062	8245	14307
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,59	1,63	1,71	1,78	1,84	1,87	1,86	1,81	1,73	1,65	1,60	1,69	1,75	1,72

Приложение 2. Альтернативные варианты режима работы Нурекской ГЭС и расчет выработки электроэнергии на Вахском каскаде ГЭС на 2020-2055 годы (Варианты 1 и 2): 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050, 2055 гг

Вариант 1. Энергетический (максимальная выработка электроэнергии в зимний осенне-зимний период), приток к Нурекскому гидроузлу по сценарию сохранения цикличности без учета влияния климата.

2024-2025	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	838	617	554	474	402	640	1148	1832	3209	4818	4122	1630	3525	16760	20285
Rule Curve	0,97	0,92	0,85	0,78	0,67	0,57	0,57	0,57	0,63	0,84	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10497	10235	9702	8937	8256	7057	6000	6037	6000	6700	8918	10440	9114	7349	8232
Res.vol. 2, mcm	10235	9702	8937	8256	7057	6000	6037	6000	6700	8918	10440	10501	8365	8099	8232
Avg.Res.vol, mcm	10366	9969	9320	8596	7657	6528	6018	6018	6350	7809	9679	10470	8739	7724	8232
Avg.Res. H, m	909	904	897	889	879	866	860	860	864	880	901	910	891	879	885
Outflow, mcm	1100	1150	1320	1155	1600	1698	1111	1869	2509	2600	2600	1570	8023	12259	20282
Outflow, m3/s	411	444	493	431	661	634	429	698	968	971	971	606	512	774	643
dH = H-Hout-Hlos, m	264	259	252	244	232	220	215	214	217	233	254	264	245	233	239
K	8,61	8,64	8,69	8,74	8,82	8,90	8,94	8,94	8,92	8,81	8,67	8,61	9	9	9
Qhps_, m3/s	411	444	493	431	661	634	429	698	968	971	971	606	512	774	643
N, MWh	932	993	1077	919	1355	1240	823	1334	1872	1994	2138	1376	1086	1589	1338
Enurek, mkwth	693	715	801	683	910	923	592	992	1348	1483	1591	991	4726	6998	11723
Evahsh, mkwth	226	239	257	234	323	312	233	337	441	442	442	301	1590	2195	3785
E, mkwth	919	953	1059	917	1233	1235	825	1329	1789	1925	2033	1292	6316	9193	15509
q = Out / Enur, m/kwth	1,59	1,61	1,65	1,69	1,76	1,84	1,88	1,88	1,86	1,75	1,63	1,58	1,70	1,75	1,73

2029-2030	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	876	555	493	463	409	581	1312	2590	4386	5638	4087	2522	3377	20535	23911
Rule Curve	0,88	0,86	0,81	0,74	0,68	0,62	0,57	0,59	0,62	0,70	0,92	0,93			
Res.vol. 1, mcm	9352	9128	8573	7801	7142	6561	6000	6190	6559	7444	9690	9877	8093	7627	7860
Res.vol. 2, mcm	9128	8573	7801	7142	6561	6000	6190	6559	7444	9690	9877	10499	7534	8377	7955

Avg.Res.vol, mcm	9240	8850	8187	7471	6851	6280	6095	6374	7001	8567	9784	10188	7813	8002	7907
Avg.Res. H, m	896	892	884	876	870	863	861	864	871	889	902	907	880	882	881
Outflow, mcm	1100	1110	1265	1122	990	1142	1122	2221	3500	3392	3900	1900	6729	16035	22764
Outflow, m3/s	411	428	472	419	409	426	433	829	1350	1266	1456	733	428	1011	719
dH = H-Hout-Hlos, m	251	247	239	231	224	218	216	217	223	241	254	260	235	235	235
K	8,69	8,72	8,77	8,83	8,87	8,92	8,93	8,92	8,88	8,76	8,67	8,63	9	9	9
Qhps_, m3/s	411	428	472	419	409	426	433	829	1350	1266	1456	733	428	1011	719
N, MWh	896	921	990	855	814	828	834	1607	2678	2674	3212	1647	884	2109	1496
Enurek, mkwth	667	663	737	636	547	616	600	1196	1928	1989	2390	1186	3865	9290	13155
Evahsh, mkwth	226	233	250	229	225	232	234	387	588	556	629	350	1394	2746	4140
E, mkwth	892	896	986	865	772	848	835	1583	2517	2545	3019	1536	5259	12035	17294
q = Out / Enur, m/kwth	1,65	1,67	1,72	1,76	1,81	1,85	1,87	1,86	1,82	1,71	1,63	1,60	1,74	1,73	1,73

2034-2035	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	964	716	627	466	374	506	918	2150	3466	5667	4281	1975	3653	18458	22111
Rule Curve	0,98	0,94	0,87	0,81	0,70	0,59	0,57	0,57	0,61	0,86	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10499	10333	9909	9238	8571	7419	6224	5999	6033	6499	9046	10467	9328	7378	8353
Res.vol. 2, mcm	10333	9909	9238	8571	7419	6224	5999	6033	6499	9046	10467	10500	8615	8090	8353
Avg.Res.vol, mcm	10416	10121	9573	8904	7995	6821	6112	6016	6266	7772	9757	10483	8972	7734	8353
Avg.Res. H, m	909	906	900	893	882	869	861	860	863	880	902	910	893	879	886
Outflow, mcm	1130	1140	1298	1133	1526	1700	1144	2116	3000	3120	2860	1943	7927	14183	22110
Outflow, m3/s	422	440	485	423	631	635	441	790	1157	1165	1068	750	506	895	700
dH = H-Hout-Hlos, m	264	261	254	247	236	223	216	213	215	232	255	264	248	233	240
K	8,60	8,63	8,67	8,72	8,79	8,88	8,93	8,94	8,93	8,82	8,67	8,61	9	9	9
Qhps_, m3/s	422	440	485	423	631	635	441	790	1157	1165	1068	750	506	895	700
N, MWh	959	989	1069	912	1310	1257	851	1508	2227	2386	2357	1701	1083	1838	1460
Enurek, mkwth	713	712	795	678	880	935	612	1122	1603	1775	1754	1225	4714	8092	12806
Evahsh, mkwth	230	237	254	231	311	312	238	372	514	517	479	357	1575	2477	4052
E, mkwth	943	949	1050	909	1191	1247	850	1494	2117	2292	2233	1581	6289	10568	16858
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,63	1,67	1,73	1,82	1,87	1,89	1,87	1,76	1,63	1,59	1,68	1,75	1,73

2039-2040	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	806	627	496	445	373	434	912	2017	2501	3696	4285	1656	3180	15068	18248
Rule Curve	0,95	0,89	0,81	0,75	0,67	0,57	0,57	0,63	0,73	0,82	0,98	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10339	9995	9423	8609	7899	7119	6023	6001	6657	7719	8680	10365	8897	7574	8236
Res.vol. 2, mcm	9995	9423	8609	7899	7119	6023	6001	6657	7719	8680	10365	10502	8178	8321	8249
Avg.Res.vol, mcm	10167	9709	9016	8254	7509	6571	6012	6329	7188	8199	9523	10434	8538	7947	8243
Avg.Res. H, m	907	902	894	885	877	866	860	864	873	885	899	910	888	882	885
Outflow, mcm	1150	1200	1309	1155	1152	1530	935	1360	1440	2735	2600	1520	7496	10590	18086
Outflow, m3/s	429	463	489	431	476	571	361	508	556	1021	971	586	477	667	572
dH = H-Hout-Hlos, m	261	256	248	240	231	220	215	218	227	237	252	264	243	236	239
K	8,62	8,66	8,71	8,77	8,82	8,90	8,93	8,91	8,85	8,78	8,68	8,61	9	9	9
Qhps_, m3/s	429	463	489	431	476	571	361	508	556	1021	971	586	477	667	572
N, MWh	967	1026	1056	907	972	1120	693	987	1118	2129	2127	1331	1008	1397	1203
Enurek, mkwth	720	739	786	675	653	834	499	734	805	1584	1582	958	4406	6162	10569
Evahsh, mkwth	233	246	256	234	251	288	206	263	282	461	442	294	1507	1948	3456
E, mkwth	953	985	1042	908	904	1121	706	997	1087	2045	2024	1252	5914	8111	14024
q = Out / Enur, m/kwth	1,60	1,62	1,67	1,71	1,76	1,84	1,87	1,85	1,79	1,73	1,64	1,59	1,70	1,72	1,71

2044-2045	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1119	798	638	578	494	584	1666	2705	4044	4829	3776	1850	4211	18869	23080
Rule Curve	0,99	0,95	0,89	0,76	0,65	0,57	0,57	0,63	0,70	0,89	0,98	0,99	0,80	0,79	0,80
Res.vol. 1, mcm	10500	10468	10077	9359	8067	6861	6000	6000	6634	7428	9397	10313	9222	7629	8425
Res.vol. 2, mcm	10468	10077	9359	8067	6861	6000	6000	6634	7428	9397	10313	10500	8472	8379	8425
Avg.Res.vol, mcm	10484	10272	9718	8713	7464	6430	6000	6317	7031	8413	9855	10407	8847	8004	8425
Avg.Res. H, m	910	908	902	890	876	865	860	864	872	887	903	909	892	882	887
Outflow, mcm	1150	1190	1356	1870	1700	1445	1666	2070	3250	2860	2860	1663	8711	14369	23080
Outflow, m3/s	429	459	506	698	703	540	643	773	1254	1068	1068	642	556	908	732
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	256	244	230	219	214	217	224	240	256	263	246	236	241
K	8,60	8,62	8,66	8,74	8,83	8,91	8,94	8,92	8,87	8,77	8,66	8,61	9	9	9
Qhps_, m3/s	429	459	506	698	703	540	643	773	1254	1068	1068	642	556	908	732
N, MWh	978	1038	1122	1489	1427	1052	1229	1495	2491	2244	2365	1454	1184	1880	1532
Enurek, mkwth	728	747	835	1107	959	783	885	1113	1794	1669	1760	1047	5159	8267	13426

Evahsh, mkwth	233	244	263	337	338	275	315	366	551	479	479	315	1691	2506	4197
E, mkwth	961	992	1097	1444	1298	1058	1200	1478	2345	2149	2239	1362	6850	10772	17622
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,59	1,62	1,69	1,77	1,85	1,88	1,86	1,81	1,71	1,63	1,59	1,69	1,74	1,72

2049-2050	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1003	712	687	555	463	660	833	2873	4343	4933	3324	2216	4080	18522	22602
Rule Curve	0,98	0,95	0,84	0,76	0,66	0,59	0,57	0,60	0,75	0,95	0,99	0,99	0,80	0,81	0,80
Res.vol. 1, mcm	10499	10402	10014	8838	8033	6966	6266	5999	6342	7962	10035	10499	9125	7850	8488
Res.vol. 2, mcm	10402	10014	8838	8033	6966	6266	5999	6342	7962	10035	10499	10500	8420	8556	8488
Avg.Res.vol, mcm	10450	10208	9426	8435	7500	6616	6132	6170	7152	8998	10267	10500	8773	8203	8488
Avg.Res. H, m	910	907	898	887	877	867	861	862	873	894	908	910	891	885	888
Outflow, mcm	1100	1100	1863	1360	1530	1360	1100	2530	2723	2860	2860	2214	8313	14287	22600
Outflow, m3/s	411	424	696	508	632	508	424	945	1051	1068	1068	854	530	902	716
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	252	242	231	221	216	215	226	246	260	263	245	238	242
K	8,60	8,62	8,69	8,76	8,83	8,89	8,93	8,94	8,86	8,72	8,63	8,61	9	9	9
Qhps_, m3/s	411	424	696	508	632	508	424	945	1051	1068	1068	854	530	902	716
N, MWh	935	958	1522	1074	1288	999	819	1813	2100	2294	2399	1937	1129	1894	1511
Enurek, mkwth	695	690	1132	799	865	743	590	1349	1512	1706	1785	1395	4925	8337	13262
Evahsh, mkwth	226	231	336	263	311	263	231	432	473	479	479	397	1630	2491	4122
E, mkwth	921	921	1468	1062	1177	1006	821	1781	1985	2186	2265	1792	6555	10828	17384
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,65	1,70	1,77	1,83	1,87	1,88	1,80	1,68	1,60	1,59	1,69	1,71	1,70

2054-2055	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	922	544	505	320	394	494	2594	3560	4087	6095	4114	2292	3179	22742	25921
Rule Curve	0,97	0,91	0,84	0,76	0,68	0,57	0,60	0,65	0,71	0,94	0,98	0,99	0,79	0,81	0,80
Res.vol. 1, mcm	10500	10272	9636	8832	8052	7206	6000	6313	6883	7470	9925	10400	9083	7832	8457
Res.vol. 2, mcm	10272	9636	8832	8052	7206	6000	6313	6883	7470	9925	10400	10500	8333	8582	8457
Avg.Res.vol, mcm	10386	9954	9234	8442	7629	6603	6156	6598	7176	8697	10162	10450	8708	8207	8457
Avg.Res. H, m	909	904	896	887	878	867	862	867	873	890	907	910	890	885	888
Outflow, mcm	1150	1180	1309	1100	1240	1700	2280	2990	3500	3640	3640	2191	7679	18241	25920
Outflow, m3/s	429	455	489	411	513	635	880	1116	1350	1359	1359	845	489	1152	820

dH = H-Hout-Hlos, m	264	259	251	242	233	221	215	219	225	242	259	263	245	237	241
K	8,61	8,64	8,70	8,75	8,82	8,90	8,94	8,91	8,86	8,75	8,64	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	429	455	489	411	513	635	880	1116	1350	1359	1359	845	489	1152	820
N, MWh	975	1018	1065	870	1051	1245	1688	2179	2698	2882	3039	1914	1037	2400	1719
Enurek, mkwth	725	733	792	647	706	927	1216	1622	1942	2145	2261	1378	4530	10563	15093
Evahsh, mkwth	233	243	256	226	265	312	407	498	588	592	592	394	1535	3071	4606
E, mkwth	958	976	1048	873	971	1239	1622	2120	2531	2736	2853	1772	6065	13634	19699
q = Out / Enur, m/kwth	1,59	1,61	1,65	1,70	1,76	1,83	1,88	1,84	1,80	1,70	1,61	1,59	1,70	1,73	1,72

Вариант 2. Энерго-ирригационный (максимальная выработка электроэнергии за год), приток к Нурекскому гидроузлу по сценарию сохранения цикличности без учета влияния климата.

2024-2025	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	838	617	554	474	402	640	1148	1832	3209	4818	4122	1630	3525	16760	20285
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,88	0,87	0,93	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10498	10498	10498	10499	10373	10174	10015	9963	9350	9159	9877	10499	10424	9810	10117
Res.vol. 2, mcm	10498	10498	10499	10373	10174	10015	9963	9350	9159	9877	10499	10500	10343	9891	10117
Avg.Res.vol, mcm	10498	10498	10499	10436	10274	10094	9989	9656	9254	9518	10188	10499	10383	9851	10117
Avg.Res. H, m	910	910	910	910	908	906	905	901	896	899	907	910	909	903	906
Outflow, mcm	838	617	554	600	600	800	1200	2445	3400	4100	3500	1630	4009	16275	20284
Outflow, m3/s	313	238	207	224	248	299	463	913	1312	1531	1307	629	255	1026	640
dH = H-Hout-Hlos, m	266	266	266	265	263	261	259	254	249	251	259	264	265	256	260
K	8,59	8,59	8,59	8,60	8,61	8,62	8,64	8,67	8,71	8,69	8,64	8,60	9	9	9
Qhps, m3/s	313	238	207	224	248	299	463	913	1312	1531	1307	629	255	1026	640
N, MWh	714	544	473	511	562	673	1036	2010	2841	3344	2925	1429	580	2264	1422
Enurek, mkwth	531	392	352	380	378	500	746	1496	2045	2488	2176	1029	2534	9981	12514
Evahsh, mkwth	188	159	147	154	163	183	246	420	574	658	572	310	993	2779	3772
E, mkwth	719	551	499	534	541	683	992	1915	2619	3146	2748	1339	3527	12760	16287
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,63	1,66	1,65	1,61	1,58	1,58	1,63	1,62

2029-2030	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	876	555	493	463	409	581	1312	2590	4386	5638	4087	2522	3377	20535	23911
Rule Curve	0,88	0,86	0,81	0,74	0,68	0,62	0,57	0,59	0,62	0,70	0,92	0,93			
Res.vol. 1, mcm	9373	9649	9804	9797	9660	9469	9250	9362	10152	10496	10259	10496	9625	10002	9814
Res.vol. 2, mcm	9649	9804	9797	9660	9469	9250	9362	10152	10496	10259	10496	10496	9605	10210	9907
Avg.Res.vol, mcm	9511	9726	9800	9728	9564	9359	9306	9757	10324	10378	10378	10496	9615	10106	9861
Avg.Res. H, m	899	902	903	902	900	898	897	902	908	909	909	910	900	906	903
Outflow, mcm	600	400	500	600	600	800	1200	1800	4041	5875	3850	2522	3500	19288	22788
Outflow, m3/s	224	154	187	224	248	299	463	672	1559	2193	1437	973	223	1216	719
dH = H-Hout-Hlos, m	255	258	258	257	255	253	252	256	260	261	261	263	256	259	258
K	8,67	8,65	8,64	8,65	8,66	8,68	8,69	8,66	8,63	8,63	8,62	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	224	154	187	224	248	299	463	672	1559	2193	1437	973	223	1216	719
N, MWh	495	344	417	499	549	656	1012	1488	3504	4936	3237	2205	493	2730	1612
Enurek, mkwth	368	248	310	371	369	488	728	1107	2523	3673	2409	1587	2154	12027	14181
Evahsh, mkwth	154	127	139	154	163	183	246	327	669	914	622	443	919	3221	4140
E, mkwth	522	375	450	525	532	670	974	1434	3192	4586	3031	2030	3073	15248	18321
q = Out / Enur, m/kwth	1,63	1,61	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,63	1,60	1,60	1,60	1,59	1,62	1,60	1,61

2034-2035	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	964	716	627	466	374	506	918	2150	3466	5667	4281	1975	3653	18458	22111
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,95	0,87	0,84	0,95	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10499	10499	10499	10499	10485	10379	10244	10083	9185	8911	10068	10499	10476	9832	10154
Res.vol. 2, mcm	10499	10499	10499	10485	10379	10244	10083	9185	8911	10068	10499	10500	10434	9874	10154
Avg.Res.vol, mcm	10499	10499	10499	10492	10432	10311	10164	9634	9048	9489	10284	10499	10455	9853	10154
Avg.Res. H, m	910	910	910	910	910	908	907	901	894	899	908	910	910	903	907
Outflow, mcm	964	716	627	480	480	640	1080	3048	3740	4510	3850	1975	3907	18203	22110
Outflow, m3/s	360	276	234	179	198	239	417	1138	1443	1684	1437	762	248	1147	697
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	266	266	265	264	261	253	246	251	260	264	265	256	261
K	8,60	8,59	8,59	8,59	8,59	8,61	8,62	8,68	8,72	8,69	8,63	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	360	276	234	179	198	239	417	1138	1443	1684	1437	762	248	1147	697

N, MWh	821	631	535	410	453	543	939	2500	3100	3674	3227	1730	565	2528	1547
Enurek, mkwth	611	454	398	305	304	404	676	1860	2232	2734	2401	1245	2476	11148	13624
Evahsh, mkwth	206	174	158	136	144	159	228	507	624	717	622	361	977	3059	4037
E, mkwth	817	628	556	441	448	563	904	2367	2856	3451	3023	1607	3453	14207	17661
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,58	1,57	1,58	1,59	1,60	1,64	1,68	1,65	1,60	1,59	1,58	1,63	1,62

2039-2040	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	806	627	496	445	373	434	912	2017	2501	3696	4285	1656	3180	15068	18248
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	0,93	0,98	0,96	0,92	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10259	10501	10502	10501	10406	10238	9952	9785	10361	10120	9716	10501	10401	10073	10237
Res.vol. 2, mcm	10501	10502	10501	10406	10238	9952	9785	10361	10120	9716	10501	10502	10350	10164	10257
Avg.Res.vol, mcm	10380	10502	10501	10454	10322	10095	9868	10073	10241	9918	10109	10502	10376	10118	10247
Avg.Res. H, m	909	910	910	910	908	906	903	906	907	904	906	910	909	906	908
Outflow, mcm	564	627	496	540	540	720	1080	1440	2743	4100	3500	1656	3487	14519	18006
Outflow, m3/s	211	242	185	202	223	269	417	538	1058	1531	1307	639	222	915	568
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	266	266	264	261	258	260	260	256	258	264	265	259	262
K	8,60	8,59	8,59	8,59	8,60	8,62	8,65	8,63	8,63	8,66	8,64	8,60	9	9	9
Qhps, m3/s	211	242	185	202	223	269	417	538	1058	1531	1307	639	222	915	568
N, MWh	480	553	424	460	507	606	929	1206	2376	3392	2917	1452	505	2045	1275
Enurek, mkwth	357	398	315	343	341	451	669	897	1711	2524	2170	1046	2204	9017	11221
Evahsh, mkwth	149	161	139	145	153	171	228	275	476	658	572	314	917	2522	3440
E, mkwth	505	559	454	488	494	622	897	1172	2186	3182	2742	1359	3121	11539	14660
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,57	1,58	1,58	1,60	1,61	1,61	1,60	1,62	1,61	1,58	1,58	1,61	1,60

2044-2045	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1119	798	638	578	494	584	1666	2705	4044	4829	3776	1850	4211	18869	23080
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,96	0,92	0,87	0,86	0,84	0,90	0,97	0,99	0,99	0,95	0,92	0,94
Res.vol. 1, mcm	10372	10500	10501	10425	10103	9697	9181	9047	8851	9495	10224	10500	10266	9550	9908
Res.vol. 2, mcm	10500	10501	10425	10103	9697	9181	9047	8851	9495	10224	10500	10500	10068	9770	9919
Avg.Res.vol, mcm	10436	10500	10463	10264	9900	9439	9114	8949	9173	9860	10362	10500	10167	9660	9913
Avg.Res. H, m	910	910	910	908	904	899	895	893	896	903	909	910	907	901	904

Outflow, mcm	990	798	714	900	900	1100	1800	2900	3400	4100	3500	1850	5402	17550	22952
Outflow, m3/s	370	308	267	336	372	411	694	1083	1312	1531	1307	714	344	1107	725
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	265	263	259	253	248	246	248	255	261	264	262	254	258
K	8,60	8,59	8,60	8,61	8,64	8,68	8,71	8,73	8,71	8,66	8,62	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	370	308	267	336	372	411	694	1083	1312	1531	1307	714	344	1107	725
N, MWh	841	703	608	761	831	902	1503	2321	2832	3385	2943	1621	774	2434	1604
Enurek, mkwth	626	506	453	566	559	671	1082	1727	2039	2519	2189	1167	3380	10723	14104
Evahsh, mkwth	210	186	170	197	211	226	335	485	574	658	572	343	1200	2967	4166
E, mkwth	836	692	623	763	769	897	1417	2212	2613	3177	2761	1510	4580	13690	18270
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,58	1,59	1,61	1,64	1,66	1,68	1,67	1,63	1,60	1,59	1,60	1,64	1,63

2049-2050	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1003	712	687	555	463	660	833	2873	4343	4933	3324	2216	4080	18522	22602
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96	0,92	0,83	0,83	0,91	0,99	0,99	0,99	0,98	0,92	0,95
Res.vol. 1, mcm	10487	10500	10500	10500	10500	10158	9718	8751	8724	9667	10500	10500	10441	9643	10042
Res.vol. 2, mcm	10500	10500	10500	10500	10158	9718	8751	8724	9667	10500	10500	10500	10313	9774	10043
Avg.Res.vol, mcm	10493	10500	10500	10500	10329	9938	9234	8737	9195	10083	10500	10500	10377	9708	10043
Avg.Res. H, m	910	910	910	910	908	904	896	891	896	906	910	910	909	902	905
Outflow, mcm	990	712	687	555	805	1100	1800	2900	3400	4100	3324	2215	4849	17739	22588
Outflow, m3/s	370	275	256	207	333	411	694	1083	1312	1531	1241	855	309	1119	714
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	266	266	264	259	250	243	248	258	263	264	264	254	259
K	8,60	8,59	8,59	8,59	8,61	8,64	8,70	8,74	8,71	8,65	8,61	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	370	275	256	207	333	411	694	1083	1312	1531	1241	855	309	1119	714
N, MWh	843	627	586	474	755	918	1509	2303	2834	3412	2808	1938	701	2468	1584
Enurek, mkwth	627	452	436	353	507	683	1087	1713	2041	2538	2089	1396	3058	10865	13923
Evahsh, mkwth	210	173	166	147	196	226	335	485	574	658	546	397	1118	2996	4114
E, mkwth	837	625	602	500	703	909	1422	2199	2614	3197	2636	1793	4176	13860	18036
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,58	1,57	1,59	1,61	1,66	1,69	1,67	1,62	1,59	1,59	1,59	1,63	1,62

2054-2055	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	922	544	505	320	394	494	2594	3560	4087	6095	4114	2292	3179	22742	25921
Rule Curve	0,99	0,99	0,97	0,91	0,87	0,81	0,85	0,86	0,86	0,97	0,99	0,99	0,92	0,92	0,92
Res.vol. 1, mcm	10500	10500	10500	10232	9652	9146	8540	8973	9053	9060	10235	10500	10088	9393	9741
Res.vol. 2, mcm	10500	10500	10232	9652	9146	8540	8973	9053	9060	10235	10500	10500	9762	9720	9741
Avg.Res.vol, mcm	10500	10500	10366	9942	9399	8843	8756	9013	9056	9647	10367	10500	9925	9557	9741
Avg.Res. H, m	910	910	909	904	898	892	891	894	894	901	909	910	904	900	902
Outflow, mcm	922	544	773	900	900	1100	2160	3480	4080	4920	3850	2291	5139	20781	25920
Outflow, m3/s	344	210	289	336	372	411	833	1299	1574	1837	1437	884	327	1311	819
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	264	259	253	247	244	246	246	253	261	263	259	252	256
K	8,60	8,59	8,60	8,64	8,68	8,72	8,74	8,73	8,72	8,68	8,62	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	344	210	289	336	372	411	833	1299	1574	1837	1437	884	327	1311	819
N, MWh	785	480	656	752	817	883	1777	2789	3382	4030	3236	2004	729	2870	1799
Enurek, mkwth	584	346	488	560	549	657	1280	2075	2435	2999	2408	1443	3184	12639	15822
Evahsh, mkwth	200	148	179	197	211	226	389	569	675	776	622	408	1161	3439	4600
E, mkwth	784	494	667	757	760	883	1668	2644	3110	3775	3030	1852	4344	16078	20422
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,57	1,58	1,61	1,64	1,67	1,69	1,68	1,68	1,64	1,60	1,59	1,61	1,64	1,64

Приложение 3. Альтернативные варианты режима работы Нурекской ГЭС и расчет выработки электроэнергии на Вахшском каскаде ГЭС на 2020-2055 годы (Варианты 3 и 4): 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050, 2055 гг

Вариант 3. Энергетический (максимальная выработка электроэнергии в осенне-зимний период), приток к Нурекскому гидроузлу по сценарию сохранения цикличности с учетом влияния климата (РЕМО 04-06).

2024-2025	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	843	614	546	467	400	643	1180	1850	3064	4276	4101	1651	3512	16123	19636
Rule Curve	0,97	0,92	0,85	0,78	0,67	0,57	0,57	0,57	0,63	0,81	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10497	10235	9702	8937	8256	7057	6000	6037	6000	6700	8518	10440	9114	7282	8198
Res.vol. 2, mcm	10235	9702	8937	8256	7057	6000	6037	6000	6700	8518	10440	10501	8365	8033	8199
Avg.Res.vol, mcm	10366	9969	9320	8596	7657	6528	6018	6018	6350	7609	9479	10470	8739	7657	8198
Avg.Res. H, m	909	904	897	889	879	866	860	860	864	878	899	910	891	879	885
Outflow, mcm	1104	1147	1312	1148	1598	1701	1143	1887	2365	2458	2179	1590	8010	11622	19632
Outflow, m3/s	412	442	490	429	661	635	441	705	912	918	814	614	511	734	623
dH = H-Hout-Hlos, m	264	259	252	244	232	220	215	214	217	231	252	264	245	232	239
K	8,61	8,64	8,69	8,74	8,82	8,90	8,94	8,94	8,92	8,83	8,68	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	412	442	490	429	661	635	441	705	912	918	814	614	511	734	623
N, MWh	935	990	1070	913	1353	1242	846	1347	1765	1871	1782	1394	1084	1501	1292
Enurek, mkwth	696	713	796	679	909	924	609	1002	1271	1392	1326	1003	4718	6603	11321
Evahsh, mkwth	226	238	256	233	322	312	237	339	419	421	381	304	1588	2103	3691
E, mkwth	922	951	1053	912	1231	1237	847	1341	1690	1813	1707	1307	6306	8706	15012
q = Out / Enur, m/kwth	1,59	1,61	1,65	1,69	1,76	1,84	1,88	1,88	1,86	1,77	1,64	1,59	1,70	1,76	1,73

2029-2030	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	885	555	488	459	409	587	1357	2616	4166	4990	4046	2560	3382	19736	23117
Rule Curve	0,88	0,86	0,81	0,74	0,68	0,62	0,57	0,59	0,62	0,70	0,92	0,93			
Res.vol. 1, mcm	9351	9127	8572	7800	7141	6560	5999	6189	6558	7443	9389	9876	8092	7576	7834
Res.vol. 2, mcm	9127	8572	7800	7141	6560	5999	6189	6558	7443	9389	9876	10500	7533	8326	7929
Avg.Res.vol, mcm	9239	8849	8186	7470	6850	6279	6094	6373	7000	8416	9633	10188	7812	7951	7882
Avg.Res. H, m	896	892	884	876	870	863	861	864	871	887	901	907	880	882	881

Outflow, mcm	1109	1110	1260	1117	990	1148	1168	2247	3281	3044	3559	1936	6734	15234	21968
Outflow, m3/s	414	428	470	417	409	429	451	839	1266	1136	1329	747	428	961	695
dH = H-Hout-Hlos, m	251	247	239	231	224	218	216	217	224	240	253	260	235	235	235
K	8,69	8,72	8,77	8,83	8,87	8,92	8,93	8,92	8,88	8,77	8,68	8,63	9	9	9
Qhps, m3/s	414	428	470	417	409	429	451	839	1266	1136	1329	747	428	961	695
N, MWh	903	921	986	851	814	832	867	1626	2511	2387	2917	1678	885	1998	1441
Enurek, mkwth	672	663	734	633	547	619	625	1210	1808	1776	2170	1208	3868	8797	12665
Evahsh, mkwth	227	233	249	228	225	233	241	391	556	506	580	356	1395	2630	4024
E, mkwth	899	896	983	861	772	852	866	1601	2364	2282	2750	1564	5263	11426	16689
q = Out / Enur, m/kwth	1,65	1,67	1,72	1,76	1,81	1,85	1,87	1,86	1,81	1,71	1,64	1,60	1,74	1,73	1,73

2034-2035	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	978	720	624	464	376	514	957	2172	3275	5002	4217	2010	3675	17632	21307
Rule Curve	0,98	0,94	0,87	0,81	0,70	0,59	0,57	0,57	0,61	0,82	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10500	10334	9910	9239	8572	7420	6225	6000	6034	6500	8647	10468	9329	7312	8321
Res.vol. 2, mcm	10334	9910	9239	8572	7420	6225	6000	6034	6500	8647	10468	10500	8616	8025	8321
Avg.Res.vol, mcm	10417	10122	9574	8905	7996	6822	6113	6017	6267	7573	9558	10484	8973	7668	8321
Avg.Res. H, m	909	906	900	893	882	869	861	860	863	878	900	910	893	879	886
Outflow, mcm	1144	1144	1295	1131	1528	1708	1183	2138	2809	2854	2396	1979	7949	13358	21307
Outflow, m3/s	427	441	483	422	632	638	456	798	1084	1066	894	763	507	844	675
dH = H-Hout-Hlos, m	264	261	254	247	236	223	216	213	216	230	253	264	248	232	240
K	8,60	8,63	8,67	8,72	8,79	8,88	8,93	8,94	8,93	8,83	8,68	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	427	441	483	422	632	638	456	798	1084	1066	894	763	507	844	675
N, MWh	971	992	1066	910	1311	1263	879	1524	2087	2167	1963	1732	1086	1725	1405
Enurek, mkwth	722	715	793	677	881	939	633	1134	1502	1612	1461	1247	4728	7589	12316
Evahsh, mkwth	232	238	254	230	311	313	243	375	486	479	413	362	1578	2357	3936
E, mkwth	955	952	1047	907	1192	1253	877	1509	1988	2091	1873	1609	6306	9946	16252
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,63	1,67	1,73	1,82	1,87	1,89	1,87	1,77	1,64	1,59	1,68	1,76	1,73

2039-2040	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	822	634	496	445	376	443	958	2037	2351	3253	4200	1689	3215	14488	17703
Rule Curve	0,95	0,89	0,81	0,75	0,67	0,57	0,57	0,63	0,70	0,77	0,98	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10338	9994	9422	8608	7898	7118	6022	6000	6656	7418	8179	10364	8896	7440	8168

Res.vol. 2, mcm	9994	9422	8608	7898	7118	6022	6000	6656	7418	8179	10364	10500	8177	8186	8182
Avg.Res.vol, mcm	10166	9708	9015	8253	7508	6570	6011	6328	7037	7798	9272	10432	8537	7813	8175
Avg.Res. H, m	907	902	894	885	877	866	860	864	872	880	897	910	888	880	884
Outflow, mcm	1166	1206	1309	1155	1156	1539	981	1380	1590	2491	2014	1554	7531	10011	17541
Outflow, m3/s	435	465	489	431	478	574	378	515	613	930	752	600	479	631	555
dH = H-Hout-Hlos, m	261	256	248	240	231	220	215	218	225	233	250	264	243	234	239
K	8,62	8,66	8,71	8,77	8,82	8,90	8,93	8,91	8,86	8,81	8,70	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	435	465	489	431	478	574	378	515	613	930	752	600	479	631	555
N, MWh	981	1032	1056	907	975	1127	727	1001	1226	1910	1636	1360	1013	1310	1161
Enurek, mkwth	730	743	786	675	655	838	523	745	883	1421	1217	979	4427	5769	10195
Evahsh, mkwth	235	247	256	234	252	289	213	266	304	426	358	299	1512	1866	3378
E, mkwth	965	990	1042	908	907	1127	737	1011	1187	1848	1575	1278	5939	7635	13574
q = Out / Enur, m/kwth	1,60	1,62	1,67	1,71	1,76	1,84	1,87	1,85	1,80	1,75	1,66	1,59	1,70	1,74	1,72

2044-2045	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1144	808	640	580	500	597	1753	2752	3791	4165	3700	1892	4269	18053	22322
Rule Curve	0,99	0,95	0,89	0,76	0,65	0,57	0,57	0,63	0,70	0,84	0,98	0,99	0,80	0,78	0,79
Res.vol. 1, mcm	10500	10468	10077	9359	8067	6861	6000	6000	6634	7428	8897	10313	9222	7545	8384
Res.vol. 2, mcm	10468	10077	9359	8067	6861	6000	6000	6634	7428	8897	10313	10500	8472	8295	8384
Avg.Res.vol, mcm	10484	10272	9718	8713	7464	6430	6000	6317	7031	8163	9605	10407	8847	7920	8384
Avg.Res. H, m	910	908	902	890	876	865	860	864	872	884	900	909	892	882	887
Outflow, mcm	1175	1200	1358	1871	1706	1458	1753	2117	2997	2696	2284	1705	8768	13553	22322
Outflow, m3/s	439	463	507	699	705	544	676	791	1156	1007	853	658	559	857	708
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	256	244	230	219	214	217	224	237	253	263	246	235	240
K	8,60	8,62	8,66	8,74	8,83	8,91	8,94	8,92	8,87	8,79	8,68	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	439	463	507	699	705	544	676	791	1156	1007	853	658	559	857	708
N, MWh	999	1046	1123	1490	1433	1062	1293	1529	2299	2096	1876	1490	1192	1764	1478
Enurek, mkwth	743	753	836	1108	963	790	931	1138	1655	1559	1396	1073	5194	7751	12944
Evahsh, mkwth	237	246	263	337	339	277	328	372	514	456	396	321	1699	2388	4087
E, mkwth	980	999	1099	1445	1302	1067	1259	1510	2169	2015	1792	1394	6893	10138	17031
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,59	1,62	1,69	1,77	1,85	1,88	1,86	1,81	1,73	1,64	1,59	1,69	1,75	1,72

2049-2050	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1028	723	690	558	470	676	879	2944	4061	4168	3258	2271	4145	17581	21727
Rule Curve	0,98	0,95	0,84	0,76	0,66	0,59	0,57	0,60	0,75	0,90	0,99	0,99	0,80	0,80	0,80
Res.vol. 1, mcm	10499	10402	10014	8838	8033	6966	6266	5999	6342	7962	9535	10499	9125	7767	8446
Res.vol. 2, mcm	10402	10014	8838	8033	6966	6266	5999	6342	7962	9535	10499	10500	8420	8473	8446
Avg.Res. H, m	910	907	898	887	877	867	861	862	873	891	905	910	891	884	887
Outflow, mcm	1125	1111	1866	1363	1537	1376	1146	2602	2441	2595	2294	2269	8378	13347	21725
Outflow, m3/s	420	429	697	509	635	514	442	971	942	969	856	876	534	843	688
dH = H-Hout-Hlos, m	265	262	252	242	231	221	216	215	226	244	258	263	245	237	241
K	8,60	8,62	8,69	8,76	8,83	8,89	8,93	8,94	8,86	8,74	8,64	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	420	429	697	509	635	514	442	971	942	969	856	876	534	843	688
N, MWh	956	967	1525	1076	1293	1011	853	1864	1884	2064	1910	1986	1138	1760	1449
Enurek, mkwth	711	696	1135	801	869	752	614	1387	1356	1535	1421	1430	4964	7743	12707
Evahsh, mkwth	229	233	336	264	312	266	238	442	431	441	398	405	1640	2355	3995
E, mkwth	940	929	1471	1064	1182	1018	852	1829	1787	1977	1819	1835	6604	10099	16702
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,60	1,65	1,70	1,77	1,83	1,87	1,88	1,80	1,69	1,61	1,59	1,69	1,72	1,71

2054-2055	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	948	553	509	322	401	507	2743	3676	3811	5044	4032	2355	3240	21660	24900
Rule Curve	0,97	0,91	0,84	0,76	0,68	0,57	0,60	0,65	0,71	0,89	0,98	0,99	0,79	0,80	0,80
Res.vol. 1, mcm	10500	10272	9636	8832	8052	7206	6000	6313	6883	7470	9425	10400	9083	7748	8416
Res.vol. 2, mcm	10272	9636	8832	8052	7206	6000	6313	6883	7470	9425	10400	10500	8333	8498	8416
Avg.Res. H, m	909	904	896	887	878	867	862	867	873	887	904	910	890	884	887
Outflow, mcm	1175	1190	1313	1102	1247	1714	2429	3106	3224	3089	3058	2254	7741	17159	24900
Outflow, m3/s	439	459	490	412	515	640	937	1160	1244	1153	1142	870	492	1084	788
dH = H-Hout-Hlos, m	264	259	251	242	233	221	215	219	226	240	256	263	245	236	241
K	8,61	8,64	8,70	8,75	8,82	8,90	8,94	8,91	8,86	8,77	8,66	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	439	459	490	412	515	640	937	1160	1244	1153	1142	870	492	1084	788
N, MWh	996	1026	1068	872	1057	1255	1798	2263	2486	2425	2533	1969	1046	2246	1646
Enurek, mkwth	741	739	795	649	710	934	1294	1684	1790	1804	1884	1418	4567	9875	14442
Evahsh, mkwth	237	244	256	226	266	314	429	515	547	512	508	403	1544	2914	4458
E, mkwth	978	983	1051	875	976	1248	1723	2199	2337	2317	2392	1821	6111	12789	18900
q = Out / Enur, m/kwth	1,59	1,61	1,65	1,70	1,76	1,83	1,88	1,84	1,80	1,71	1,62	1,59	1,69	1,74	1,72

Вариант 4. Энерго-ирригационный (максимальная выработка электроэнергии за год), приток к Нурекскому гидроузлу по сценарию сохранения цикличности с учетом влияния климата (РЕМО 04-06).

2024-2025	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	843	614	546	467	400	643	1180	1850	3064	4276	4101	1651	3512	16123	19636
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,88	0,87	0,93	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10498	10498	10498	10499	10373	10174	10015	9963	9350	9159	9877	10499	10424	9810	10117
Res.vol. 2, mcm	10498	10498	10499	10373	10174	10015	9963	9350	9159	9877	10499	10500	10343	9891	10117
Avg.Res. H, m	910	910	910	910	908	906	905	901	896	899	907	910	909	903	906
Outflow, mcm	842	614	546	593	598	803	1232	2463	3256	3558	3479	1650	3996	15638	19634
Outflow, m3/s	314	237	204	221	247	300	475	920	1256	1328	1299	637	254	986	620
dH = H-Hout-Hlos, m	266	266	266	265	263	261	259	254	249	252	259	264	265	256	260
K	8,59	8,59	8,59	8,60	8,61	8,62	8,64	8,67	8,71	8,69	8,64	8,60	9	9	9
Qhps, m3/s	314	237	204	221	247	300	475	920	1256	1328	1299	637	254	986	620
N, MWh	718	541	466	505	561	675	1063	2025	2721	2904	2908	1447	578	2178	1378
Enurek, mkwth	534	390	347	376	377	502	766	1507	1959	2161	2164	1042	2525	9597	12122
Evahsh, mkwth	189	159	146	153	163	183	251	422	552	580	569	313	992	2687	3678
E, mkwth	723	548	493	528	539	685	1016	1929	2511	2741	2732	1355	3517	12284	15801
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,63	1,66	1,65	1,61	1,58	1,58	1,63	1,62

2029-2030	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	885	555	488	459	409	587	1357	2616	4166	4990	4046	2560	3382	19736	23117
Rule Curve	0,88	0,86	0,81	0,74	0,68	0,62	0,57	0,59	0,62	0,70	0,92	0,93			
Res.vol. 1, mcm	9375	9651	9806	9799	9662	9471	9252	9364	10154	10498	10261	10498	9627	10004	9816
Res.vol. 2, mcm	9651	9806	9799	9662	9471	9252	9364	10154	10498	10261	10498	10500	9607	10213	9910
Avg.Res. H, m	899	902	903	902	900	898	897	902	908	909	909	910	901	906	903
Outflow, mcm	609	400	495	595	600	806	1246	1826	3822	5227	3809	2558	3505	18487	21992
Outflow, m3/s	227	154	185	222	248	301	481	682	1474	1951	1422	987	223	1166	695
dH = H-Hout-Hlos, m	255	258	259	257	256	253	251	256	261	261	261	263	256	259	258
K	8,67	8,65	8,64	8,65	8,66	8,68	8,69	8,66	8,63	8,63	8,62	8,61	9	9	9

Qhps, m3/s	227	154	185	222	248	301	481	682	1474	1951	1422	987	223	1166	695
N, MWh	502	344	413	495	549	660	1050	1510	3314	4392	3203	2236	494	2618	1556
Enurek, mkwth	374	248	307	368	369	491	756	1123	2386	3268	2383	1610	2157	11527	13684
Evahsh, mkwth	155	127	139	153	163	183	253	330	636	820	616	448	920	3104	4024
E, mkwth	529	375	446	521	532	675	1009	1454	3023	4088	2999	2058	3077	14631	17708
q = Out / Enur, m/kwth	1,63	1,61	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,63	1,60	1,60	1,60	1,59	1,62	1,60	1,61

2034-2035	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	978	720	624	464	376	514	957	2172	3275	5002	4217	2010	3675	17632	21307
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,95	0,87	0,84	0,95	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10499	10499	10499	10499	10485	10379	10244	10083	9185	8911	10068	10499	10476	9832	10154
Res.vol. 2, mcm	10499	10499	10499	10485	10379	10244	10083	9185	8911	10068	10499	10500	10434	9874	10154
Avg.Res. H, m	910	910	910	910	910	908	907	901	894	899	908	910	910	903	907
Outflow, mcm	978	720	624	478	482	648	1119	3070	3549	3844	3786	2010	3929	17377	21306
Outflow, m3/s	365	278	233	178	199	242	432	1146	1369	1435	1413	775	249	1095	672
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	266	266	265	264	261	253	246	251	260	264	265	256	261
K	8,60	8,59	8,59	8,59	8,59	8,61	8,62	8,68	8,72	8,69	8,63	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	365	278	233	178	199	242	432	1146	1369	1435	1413	775	249	1095	672
N, MWh	833	634	532	408	455	549	973	2518	2942	3133	3173	1760	569	2417	1493
Enurek, mkwth	620	457	396	303	305	409	700	1873	2119	2331	2361	1267	2490	10651	13141
Evahsh, mkwth	208	174	157	136	144	161	234	510	596	621	613	367	981	2940	3921
E, mkwth	828	631	553	440	450	569	934	2383	2714	2952	2974	1634	3471	13591	17062
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,58	1,57	1,58	1,59	1,60	1,64	1,68	1,65	1,60	1,59	1,58	1,63	1,62

2039-2040	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	822	634	496	445	376	443	958	2037	2351	3253	4200	1689	3215	14488	17703
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	0,93	0,98	0,96	0,92	0,99	0,99			
Res.vol. 1, mcm	10257	10499	10500	10499	10404	10236	9950	9783	10359	10118	9714	10499	10399	10071	10235
Res.vol. 2, mcm	10499	10500	10499	10404	10236	9950	9783	10359	10118	9714	10499	10500	10348	10162	10255
Avg.Res. H, m	909	910	910	910	908	906	903	906	907	904	906	910	909	906	908
Outflow, mcm	580	633	496	540	544	729	1126	1460	2593	3656	3414	1689	3522	13939	17460
Outflow, m3/s	217	244	185	202	225	272	434	545	1000	1365	1275	652	224	879	551

dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	266	266	264	261	258	260	260	256	258	264	265	259	262
K	8,60	8,59	8,59	8,59	8,60	8,62	8,65	8,63	8,63	8,66	8,64	8,60	9	9	9
Qhps, m3/s	217	244	185	202	225	272	434	545	1000	1365	1275	652	224	879	551
N, MWh	493	558	424	460	511	613	968	1222	2247	3026	2846	1481	510	1965	1237
Enurek, mkwth	367	402	315	342	343	456	697	910	1618	2252	2117	1066	2226	8659	10885
Evahsh, mkwth	151	162	139	145	154	172	235	278	453	594	559	319	922	2438	3361
E, mkwth	518	564	454	488	497	628	932	1187	2071	2846	2677	1385	3148	11098	14246
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,57	1,58	1,58	1,60	1,61	1,61	1,60	1,62	1,61	1,58	1,58	1,61	1,60

2044-2045	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1144	808	640	580	500	597	1753	2752	3791	4165	3700	1892	4269	18053	22322
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,96	0,92	0,87	0,86	0,84	0,90	0,97	0,99	0,99	0,95	0,92	0,94
Res.vol. 1, mcm	10372	10500	10500	10424	10102	9696	9180	9046	8850	9494	10223	10500	10266	9549	9907
Res.vol. 2, mcm	10500	10500	10424	10102	9696	9180	9046	8850	9494	10223	10500	10500	10067	9769	9918
Avg.Res. H, m	910	910	910	908	904	899	895	893	896	903	909	910	907	901	904
Outflow, mcm	1015	809	716	901	906	1113	1887	2947	3147	3436	3423	1892	5460	16733	22194
Outflow, m3/s	379	312	267	337	375	416	728	1100	1214	1283	1278	730	348	1056	702
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	265	263	259	253	248	246	248	255	261	264	262	254	258
K	8,60	8,59	8,60	8,61	8,64	8,68	8,71	8,73	8,71	8,66	8,62	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	379	312	267	337	375	416	728	1100	1214	1283	1278	730	348	1056	702
N, MWh	862	712	610	762	837	913	1575	2359	2623	2839	2879	1657	783	2322	1552
Enurek, mkwth	642	513	454	567	562	679	1134	1755	1888	2112	2142	1193	3417	10224	13641
Evahsh, mkwth	214	188	170	197	212	228	348	492	536	562	561	349	1208	2848	4057
E, mkwth	855	701	624	764	774	907	1482	2247	2424	2675	2702	1542	4625	13073	17698
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,58	1,59	1,61	1,64	1,66	1,68	1,67	1,63	1,60	1,59	1,60	1,64	1,63

2049-2050	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	1028	723	690	558	470	676	879	2944	4061	4168	3258	2271	4145	17581	21727
Rule Curve	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96	0,92	0,83	0,83	0,91	0,99	0,99	0,99	0,98	0,92	0,95
Res.vol. 1, mcm	10488	10500	10500	10500	10500	10158	9718	8751	8724	9667	10500	10500	10441	9643	10042
Res.vol. 2, mcm	10500	10500	10500	10500	10158	9718	8751	8724	9667	10500	10500	10500	10313	9774	10043
Avg.Res. H, m	910	910	910	910	908	904	896	891	896	906	910	910	909	902	905
Outflow, mcm	1016	723	690	558	812	1116	1846	2972	3118	3335	3258	2270	4915	16799	21714

Outflow, m3/s	379	279	258	208	336	417	712	1110	1203	1245	1216	876	313	1060	687
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	266	266	264	259	250	243	248	258	263	263	264	254	259
K	8,60	8,59	8,59	8,59	8,61	8,64	8,70	8,74	8,71	8,64	8,61	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	379	279	258	208	336	417	712	1110	1203	1245	1216	876	313	1060	687
N, MWh	865	637	589	476	761	932	1547	2360	2600	2778	2753	1987	710	2337	1524
Enurek, mkwth	643	458	438	354	512	693	1114	1756	1872	2067	2048	1430	3100	10287	13387
Evahsh, mkwth	214	175	167	148	197	228	342	496	532	548	537	405	1128	2859	3987
E, mkwth	857	633	605	502	709	922	1456	2251	2404	2615	2585	1836	4228	13146	17374
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,58	1,58	1,57	1,59	1,61	1,66	1,69	1,67	1,61	1,59	1,59	1,59	1,63	1,62

2054-2055	okt	nov	dec	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	avg	sep	okt-mar	apr-sep	okt-sep
Inflow, mcm	948	553	509	322	401	507	2743	3676	3811	5044	4032	2355	3240	21660	24900
Rule Curve	0,99	0,99	0,97	0,91	0,87	0,81	0,85	0,86	0,86	0,97	0,99	0,99	0,92	0,92	0,92
Res.vol. 1, mcm	10500	10500	10500	10232	9652	9146	8540	8973	9053	9060	10235	10500	10088	9393	9741
Res.vol. 2, mcm	10500	10500	10232	9652	9146	8540	8973	9053	9060	10235	10500	10500	9762	9720	9741
Avg.Res. H, m	910	910	909	904	898	892	891	894	894	901	909	910	904	900	902
Outflow, mcm	947	554	777	902	907	1114	2309	3596	3804	3869	3768	2354	5201	19699	24900
Outflow, m3/s	354	214	290	337	375	416	891	1342	1468	1444	1407	908	331	1243	787
dH = H-Hout-Hlos, m	265	266	264	259	253	247	244	246	246	253	261	263	259	252	256
K	8,60	8,59	8,60	8,64	8,68	8,72	8,74	8,73	8,72	8,68	8,62	8,61	9	9	9
Qhps, m3/s	354	214	290	337	375	416	891	1342	1468	1444	1407	908	331	1243	787
N, MWh	807	488	659	754	823	894	1899	2881	3154	3171	3167	2059	738	2722	1730
Enurek, mkwth	600	352	491	561	553	665	1367	2144	2271	2359	2356	1483	3222	11980	15202
Evahsh, mkwth	204	150	179	197	212	228	411	585	634	625	610	418	1170	3283	4453
E, mkwth	804	501	670	759	765	893	1778	2729	2904	2984	2967	1900	4392	15263	19654
q = Out / Enur, m/kwth	1,58	1,57	1,58	1,61	1,64	1,67	1,69	1,68	1,68	1,64	1,60	1,59	1,61	1,64	1,64

Приложение 4. Русловой баланс рек бассейна Амударьи: маловодный год (2042-2043), сравнение вариантов

Вариант 3.

Водные ресурсы: по сценарию сохранения цикличности с учетом влияния климата (REMO 04-06)

Режим ГЭС: энергетический (максимальная выработка электроэнергии в осенне-зимний период)

Афганистан: рост водопотребления (и уменьшение стока реки Амударья) с 3 до 6 куб.км. к 2050 г.

Туркменистан: прекращение сброса КДВ в Амударью

№	Составляющие русловой баланса рек бассейна Амударьи	Ед.изм	Маловодный год (2042 - 2043 год). Вариант 3.														
			окт	ноя	дек	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	октябрь-март	апрель-сентябрь	год
БАССЕЙН РЕКИ ВАХШ																	
1	Приток к Нурекскому гидроузлу	млн.м3	949	614	553	487	399	447	706	1283	1986	3213	3033	1632	3448	11853	15301
2	Регулирование стока в Нурекском водохранилище: (+) наполнение, (-) срабoka	млн.м3	-221	-583	-779	-622	-582	-1008	-374	-95	676	1816	1695	77	-3795	3795	0
3	Попуск Нурекского гидроузла	млн.м3	1170	1197	1332	1110	981	1454	1080	1378	1310	1398	1338	1554	7243	8058	15301
4	Боковой приток	млн.м3	5	3	3	2	2	2	4	6	10	16	15	8	17	59	77
5	Русловые потери	млн.м3	23	24	27	22	20	29	22	28	26	28	27	31	145	162	308
6	Водозабор из реки Вахш на участке Нурек - Тигровая балка: урезка лимита в маловодный году и лимит в год средней водности (Таджикистан)	млн.м3	470	428	350	329	353	528	331	543	617	651	636	466	2458	3244	5702
7	Водозабор ниже поста Тигровая балка (Таджикистан)	млн.м3	15	8	5	5	6	10	8	14	20	23	21	13	50	100	150
8	Дефицит	млн.м3	0	0	0	0	0	0	142	233	264	279	273	200	0	1390	1390
9	Возвратный сток	млн.м3	131	108	105	99	156	158	99	163	185	195	191	140	757	973	1730
10	Сток реки Вахш: устье	млн.м3	797	848	1058	854	760	1048	822	963	842	907	860	1192	5365	5584	10949
БАССЕЙН РЕКИ ПЯНДЖ																	
1	Пяндж (Хирманджой) + Кокча (сброс в Пяндж)	млн.м3	1818	1275	1152	1040	904	1027	1431	2043	3254	5463	4260	2300	7216	18752	25967

3	Водозабор из реки Кокча (Афганистан)	млн.м3	82	45	28	30	35	58	86	162	227	259	237	147	280	1120	1399
5	Реки Кызылсу и Яхсу (естественный приток)	млн.м3	100	70	63	57	50	56	79	112	179	300	234	127	397	1031	1428
6	Водозабор из реки Пяндж: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Таджикистан)	млн.м3	78	43	27	29	34	55	77	144	201	230	210	131	266	992	1257
7	Дефицит воды	млн.м3	0	0	0	0	0	0	33	62	86	98	90	56	0	425	425
8	Водопотребление бассейнов рек Кызылсу и Яхсу (Таджикистан)	млн.м3	29	16	10	11	13	21	31	58	81	93	85	53	100	400	500
9	Возвратный сток	млн.м3	23	13	8	9	10	17	23	33	60	69	73	39	80	297	377
10	Русловые потери	млн.м3	9	6	6	5	5	5	14	20	33	55	43	23	36	188	224
11	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	млн.м3	1742	1247	1152	1031	878	960	1324	1804	2953	5196	3992	2112	7011	17381	24392
БАССЕЙН РЕКИ КАФИРНИГАН																	
1	Бассейн реки Кафирниган: учтенный приток	млн.м3	162	137	126	70	75	193	476	710	595	420	244	152	763	2596	3359
2	Подача в бассейн Сурхандарья (Каратаг, Ширкент) по Большому Гиссарскому каналу (БГК)	млн.м3	18	12	0	0	5	15	23	53	57	52	40	26	50	251	301
3	Водозабор Верхне-Кафирниганской ЗП (Таджикистан)	млн.м3	91	61	0	0	25	74	158	401	437	355	247	152	250	1750	2000
4	Водозабор Нижне-Кафирниганской ЗП: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Таджикистан)	млн.м3	61	41	0	0	17	50	59	125	135	108	51	33	169	511	680
5	Дефицит воды	млн.м3	0	0	0	0	0	0	6	0	1	43	93	71	0	215	215
6	Возвратный сток	млн.м3	53	36	0	0	15	43	65	68	172	139	139	96	147	678	825
7	Наполнение (+) и сработка (-) водохранилищ, потери	млн.м3	30	20	10	10	10	20	60	60	60	20	0	0	100	200	300
8	Русловые потери	млн.м3	3	3	3	1	1	4	10	14	12	8	5	3	15	52	67
9	Сток реки Кафирниган: устье	млн.м3	12	36	114	58	31	73	232	125	66	15	41	33	325	512	836
БАССЕЙН РЕКИ СУРХАНДАРЬЯ																	
1	Бассейн реки Сурхандарья: учтенный приток	млн.м3	95	74	67	63	60	101	311	508	506	396	194	110	460	2026	2485
2	Подача из бассейна реки Кафирниган (река Варзоб) по БГК	млн.м3	18	12	0	0	5	15	23	53	57	52	40	26	50	251	301

3	Подача из реки Амударья: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	млн.м3	134	52	0	0	50	134	109	131	151	184	174	90	370	840	1210
4	Водозабор Каратаг-Ширкентской ЗП (Таджикистан)	млн.м3	29	11	0	0	11	29	41	50	58	70	66	34	80	320	400
5	Водозабор Сурхандарьинской ЗП (Узбекистан)	млн.м3	290	112	0	0	109	290	441	531	612	747	705	364	800	3400	4200
	в том числе: из Амударьи по лимиту	млн.м3	134	52	0	0	50	134	109	131	151	184	174	90	370	840	1210
6	Дефицит воды (по подаче из Амударьи)	млн.м3	0	0	0	0	0	47	56	65	79	75	39	0	360	360	
7	КДС: формирование	млн.м3	87	34	0	0	33	87	132	79	124	224	272	189	240	1020	1260
8	Возвратные воды	млн.м3	79	17	0	0	16	80	56	55	57	195	269	177	192	809	1001
9	Наполнение (+) и сброс (-) водохранилищ, потери	млн.м3	0	20	50	40	-30	-80	0	100	50	-50	-100	0	0	0	0
10	Русловые потери	млн.м3	2	1	1	1	1	2	6	10	10	8	4	2	9	41	50
11	Сток реки Сурхандарья: устье	млн.м3	6	10	16	21	40	89	10	56	41	53	2	2	182	165	347
	РЕКА АМУДАРЬЯ																
1	Сток реки Вахш: устье	млн.м3	797	848	1058	854	760	1048	822	963	842	907	860	1192	5365	5584	10949
2	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	млн.м3	1742	1247	1152	1031	878	960	1324	1804	2953	5196	3992	2112	7011	17381	24392
3	Естественный сток реки Кундуз - восстановлен, как сброс в Амударью + водозабор (1.7 км3) на уровне 2000 года	млн.м3	252	254	256	187	276	195	404	776	1367	918	385	300	1420	4151	5571
4	Водозабор из реки Кундуз (Афганистан)	млн.м3	118	65	40	43	50	83	170	419	545	509	316	240	400	2199	2598
5	Река Кундуз: сброс в реку Амударья	млн.м3	134	190	216	143	226	112	235	357	822	409	69	60	1021	1952	2973
6	Сток реки Кафирниган: устье	млн.м3	12	36	114	58	31	73	232	125	66	15	41	33	325	512	836
7	Сток реки Сурхандарья: устье	млн.м3	6	10	16	21	40	89	10	56	41	53	2	2	182	165	347
8	Водозабор из Амударьи в Сурхандарьинскую ЗП: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	млн.м3	134	52	0	0	50	134	109	131	151	184	174	90	370	840	1210
9	Дефицит воды в Сурхандарьинской ЗП	млн.м3	0	0	0	0	0	0	47	56	65	79	75	39	0	360	360
10	Возвратный сток в Амударью	млн.м3	8	17	0	0	17	7	76	24	67	29	3	12	48	211	259
11	Русловые потери	млн.м3	13	12	13	11	10	11	13	17	24	33	25	17	70	128	197
12	Сток реки Амударья: приток к среднему течению	млн.м3	2553	2285	2543	2097	1891	2144	2577	3181	4615	6391	4767	3305	13512	24837	38350

13	Водозабор в Гарагумдарью - ЗП Мары, Ахал, Балкан (Туркменистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	804	544	482	482	560	938	823	976	998	1031	948	697	3810	5473	9283
14	Дефицит воды	млн.м3	0	0	0	0	0	0	353	418	428	442	406	299	0	2345	2345
15	Водозабор в Каршинский Магистральный канал - Каршинская ЗП (Узбекистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	348	285	268	268	173	358	298	319	333	356	331	254	1700	1890	3590
16	Дефицит воды	млн.м3	0	0	0	0	0	0	128	137	143	153	142	109	0	810	810
17	Водозабор в Аму-Бухарский канал - Бухарская и Навоийская ЗП (Узбекистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	223	202	184	464	228	243	266	326	415	513	426	178	1545	2124	3669
18	Дефицит воды	млн.м3	0	0	0	0	0	0	114	140	178	220	183	76	0	910	910
19	Водозабор Лебапскую ЗП (Туркменистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	267	156	70	99	268	430	275	323	349	358	305	240	1290	1851	3141
20	Дефицит воды	млн.м3	0	0	0	0	0	0	118	138	150	154	131	103	0	793	793
21	Итого водозабор среднего течения Амударьи	млн.м3	1642	1188	1004	1314	1229	1969	1661	1944	2095	2259	2010	1369	8345	11338	19683
22	Возвратный сток с Лебапской ЗП (Туркменистан)	млн.м3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Возвратный сток с Каршинской ЗП (Узбекистан)	млн.м3	32	24	31	32	42	43	36	48	40	43	40	20	204	226	430
24	Возвратный сток с Бухарской ЗП (Узбекистан)	млн.м3	46	41	36	95	107	61	76	92	104	128	107	24	386	531	917
25	Русловые потери	млн.м3	14	15	18	13	12	8	73	94	164	250	174	118	80	874	954
26	Сток реки Амударья: приток к Тюямуюнскому гидроузлу (ТМГУ)	млн.м3	975	1147	1588	897	800	271	955	1283	2500	4053	2729	1862	5677	13383	19060
27	Регулирование стока в водохранилищах ТМГУ (+) наполнение, (-) срабока	млн.м3	150	700	1150	500	-550	-1950	-400	-1050	-350	300	-500	0	0	-2000	-2000
28	Потери в водохранилищах ТМГУ	млн.м3	80	46	10	10	10	70	65	80	110	110	60	110	226	535	761
	Объем воды в вдхр. на начало сезона	млн.м3	4000	4150	4850	6000	6500	5950	4000	3600	2550	2200	2500	2000			
	Объем воды в вдхр. на конец сезона	млн.м3	4150	4850	6000	6500	5950	4000	3600	2550	2200	2500	2000	2000			
29	Попуск из ТМГУ (сброс в реку + водозабор)	млн.м3	745	401	428	387	1340	2151	1290	2253	2740	3643	3169	1752	5451	14848	20299

30	Водозабор в Дошогузскую ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Туркменистан)	млн.м3	111	0	0	90	523	675	511	506	534	738	788	449	1400	3527	4927
31	Дефицит воды в Дошогузской ЗП	млн.м3	0	0	0	0	0	0	219	217	229	316	338	193	0	1511	1511
32	Водозабор в Хорезскую ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	млн.м3	144	0	0	0	375	716	181	289	514	631	547	252	1235	2415	3650
33	Дефицит воды в Хорезской ЗП	млн.м3	0	0	0	0	0	0	78	124	220	271	235	108	0	1035	1035
34	Водозабор в ЗП Республики Каракалпакистан: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности(Узбекистан)	млн.м3	301	324	154	3	278	439	201	859	986	1406	1072	260	1500	4784	6284
35	Дефицит воды в Республике Каракалпакистан	млн.м3	0	0	0	0	0	0	86	368	422	603	459	111	0	2050	2050
36	Итого водозабор в низовьях Амударьи	млн.м3	556	324	154	93	1177	1830	894	1655	2034	2776	2407	961	4135	10726	14861
37	Дефицит воды в низовьях	млн.м3	0	0	0	0	0	0	383	709	872	1190	1032	412	0	4597	4597
38	Аварийно-экологические попуски в каналы	млн.м3	0	0	0	0	0	0	133	133	133	133	133	133	0	800	800
	В том числе: в Дошогузскую ЗП	млн.м3	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	0	150	150
	в Хорезмскую ЗП	млн.м3	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	0	150	150
	вЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	0	0	0	0	0	0	83	83	83	83	83	83	0	500	500
39	Коллекторно-дренажный сток	млн.м3	222	130	62	37	471	732	358	662	814	1110	963	384	1654	4290	5944
	В том числе: Дошогузская ЗП	млн.м3	44	0	0	36	209	270	204	202	214	295	315	180	560	1411	1971
	Хорезмская ЗП	млн.м3	58	0	0	0	150	286	73	116	206	253	219	101	494	966	1460
	ЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	121	130	62	1	111	176	81	344	394	562	429	104	600	1914	2514
40	Повторное использование КДС на орошение	млн.м3	28	16	8	5	59	92	45	83	102	139	120	48	207	536	743
	В том числе: Дошогузская ЗП	млн.м3	6	0	0	5	26	34	26	25	27	37	39	22	70	176	246
	Хорезмская ЗП	млн.м3	7	0	0	0	19	36	9	14	26	32	27	13	62	121	183
	ЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	15	16	8	0	14	22	10	43	49	70	54	13	75	239	314
41	Сброс КДС в озера	млн.м3	195	113	54	33	412	641	313	579	712	971	842	336	1447	3754	5201
	В том числе: Дошогузская ЗП	млн.м3	39	0	0	32	183	236	179	177	187	258	276	157	490	1234	1724
	Хорезмская ЗП	млн.м3	50	0	0	0	131	250	64	101	180	221	192	88	432	845	1278
	ЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	105	113	54	1	97	154	70	301	345	492	375	91	525	1675	2200

42	Возвратный сток: сброс в Амударью	млн.м3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	Руслые потери в низовьях Амударьи	млн.м3	74	40	43	39	134	215	232	406	493	656	570	315	545	2673	3218
44	Сток реки Амударья: приток в Приаралье	млн.м3	114	37	231	255	29	105	31	60	79	78	58	343	771	649	1420
45	Подача речной воды в озера Приаралья	млн.м3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	Дефицит воды в системе озер	млн.м3	333	333	333	333	333	333	500	500	500	500	500	500	2000	3000	5000
47	Потери в Приаралье	млн.м3	0.6	0.2	1.2	1.3	0.1	0.5	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	1.7	4	3	7
48	Сток реки Амударья: сброс в Большое Аральское море (Восточная часть)	млн.м3	113	37	229	254	29	105	31	59	79	78	58	341	767	646	1413
49	Подача КДС в Приаралье	млн.м3	74	79	38	1	68	108	49	211	242	345	263	64	367	1172	1540
50	ВСЕГО ПОДАЧА В АРАЛ	млн.м3	187	116	267	255	97	212	80	270	320	422	320	405	1135	1818	2953
51	ВСЕГО ВОДОЗАБОР	млн.м3	2941	2076	1535	1765	2860	4566	3130	4541	5233	6208	5489	3050	15743	27650	43393
52	ВСЕГО ПОДАЧА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ	млн.м3	0	0	0	0	0	0	133	133	133	133	133	133	0	800	800
53	ВСЕГО КДС	млн.м3	308	211	129	164	636	843	545	826	1024	1310	1112	440	2292	5259	7550
	в % от водозабора	млн.м3	10	10	8	9	22	18	17	18	20	21	20	14			
54	ВСЕГО ПОТЕРИ ВОДЫ	млн.м3	169	101	72	63	156	294	370	580	768	1016	805	545	855	4085	4940
	в % от стока реки Амударьи (сумма 5 рек)	%	7	4	3	3	8	14	14	18	17	16	17	16			
55	Урезка лимита в бассейне	%	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	0	30	
56	ВСЕГО ДЕФИЦИТ	млн.м3	0	0	0	0	0	0	1323	1892	2186	2657	2424	1364	0	11846	11846

Вариант 4.

Водные ресурсы: по сценарию сохранения цикличности с учетом влияния климата (РЕМО 04-06)

Режим ГЭС: энерго-ирригационный (максимальная выработка электроэнергии за год)

Афганистан: рост водопотребления (и уменьшение стока реки Амударья) с 3 до 6 куб.км. к 2050 г.

Туркменистан: прекращение сброса КДВ в Амударью

№	Составляющие русловой баланса рек бассейна Амударья	Ед.изм	Маловодный год (2042 - 2043 год). Вариант 4.														
			окт	ноя	дек	январь	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	октябрь-март	апрель-сентябрь	год
БАСЕЙН РЕКИ ВАХШ																	
1	Приток к Нурекскому гидроузлу	млн.м3	949	614	553	487	399	447	706	1283	1986	3213	3033	1632	3448	11853	15301
2	Регулирование стока в Нурекском водохранилище: (+) наполнение, (-) сработка	млн.м3	75	0	0	-53	-146	-283	-409	-175	116	950	1	-3	-407	480	73
3	Попуск Нурекского гидроузла	млн.м3	874	614	553	541	545	729	1115	1458	1870	2264	3032	1634	3855	11373	15228
4	Боковой приток	млн.м3	5	3	3	2	2	2	4	6	10	16	15	8	17	59	77
5	Русловые потери	млн.м3	18	12	11	11	11	15	22	29	38	46	61	33	77	229	306
6	Водозабор из реки Вахш на участке Нурек - Тигровая балка: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Таджикистан)	млн.м3	400	364	298	280	300	449	379	620	705	744	727	533	2089	3707	5796
7	Водозабор ниже поста Тигровая балка (Таджикистан)	млн.м3	15	8	5	5	6	10	8	14	20	23	21	13	50	100	150
8	Дефицит	млн.м3	71	64	53	49	53	79	95	155	176	186	182	133	369	927	1295
9	Возвратный сток	млн.м3	111	88	89	84	176	155	114	186	211	223	218	160	703	1112	1815
10	Сток реки Вахш: устье	млн.м3	558	321	331	331	405	413	823	987	1329	1691	2456	1224	2359	8509	10868
БАСЕЙН РЕКИ ПЯНДЖ																	
1	Пяндж (Хирманджой) + Кокча (сброс в Пяндж)	млн.м3	1818	1275	1152	1040	904	1027	1431	2043	3254	5463	4260	2300	7216	18752	25967
3	Водозабор из реки Кокча (Афганистан)	млн.м3	82	45	28	30	35	58	86	162	227	259	237	147	280	1120	1399
5	Реки Кызылсу и Яхсу (естественный приток)	млн.м3	100	70	63	57	50	56	79	112	179	300	234	127	397	1031	1428

6	Водозабор из реки Пяндж: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Таджикистан)	млн.м3	76	37	23	24	29	37	87	164	229	262	240	149	225	1133	1359
7	Дефицит воды	млн.м3	2	6	4	4	5	18	22	41	57	66	60	37	40	283	324
8	Водопотребление бассейнов рек Кызылсу и Яхсу (Таджикистан)	млн.м3	29	16	10	11	13	21	31	58	81	93	85	53	100	400	500
9	Возвратный сток	млн.м3	23	11	7	7	9	11	26	33	69	79	73	45	68	325	392
10	Руслые потери	млн.м3	9	6	6	5	5	5	14	20	33	55	43	23	36	188	224
11	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	млн.м3	1744	1252	1155	1034	882	973	1317	1784	2933	5173	3962	2099	7039	17267	24306
БАССЕЙН РЕКИ КАФИРНИГАН																	
1	Бассейн реки Кафирниган: учтенный приток	млн.м3	162	137	126	70	75	193	476	710	595	420	244	152	763	2596	3359
2	Подача в бассейн Сурхандарья (Каратаг, Ширкент) по Большому Гиссарскому каналу (БГК)	млн.м3	18	12	0	0	5	15	23	53	57	52	40	26	50	251	301
3	Водозабор Верхне-Кафирниганской ЗП (Таджикистан)	млн.м3	91	71	0	0	25	64	158	401	437	355	247	152	251	1750	2000
4	Водозабор Нижне-Кафирниганской ЗП: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Таджикистан)	млн.м3	62	35	0	0	14	33	52	100	109	121	115	83	144	581	725
5	Дефицит воды	млн.м3	-1	6	0	0	3	17	13	25	27	30	29	21	25	145	170
6	Возвратный сток	млн.м3	54	37	0	0	14	34	63	68	164	143	169	116	138	723	861
7	Наполнение (+) и сработка (-) водохранилищ, потери	млн.м3	30	30	20	20	0	0	60	60	60	20	0	0	100	200	300
8	Руслые потери	млн.м3	3	3	3	1	1	4	10	14	12	8	5	3	15	52	67
9	Сток реки Кафирниган: устье	млн.м3	12	24	104	48	43	111	237	150	84	6	6	3	340	486	827
БАССЕЙН РЕКИ СУРХАНДАРЬЯ																	
1	Бассейн реки Сурхандарья: учтенный приток	млн.м3	95	74	67	63	60	101	311	508	506	396	194	110	460	2026	2485
2	Подача из бассейна реки Кафирниган (река Варзоб) по БГК	млн.м3	18	12	0	0	5	15	23	53	57	52	40	26	50	251	301
3	Подача из реки Амударья: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	млн.м3	114	95	0	0	43	64	124	150	173	211	199	103	316	960	1276
4	Водозабор Каратаг-Ширкентской ЗП (Таджикистан)	млн.м3	29	11	0	0	11	29	41	50	58	70	66	34	80	320	400

5	Водозабор Сурхандарьинской ЗП (Узбекистан)	млн.м3	290	112	0	0	109	290	441	531	612	747	705	364	800	3400	4200
	в том числе: из Амударьи по лимиту	млн.м3	114	95	0	0	43	64	124	150	173	211	199	103	316	960	1276
6	Дефицит воды (по подаче из Амударьи)	млн.м3	20	-43	0	0	8	70	31	37	43	53	50	26	54	240	294
7	КДС: формирование	млн.м3	87	34	0	0	33	87	132	79	124	224	272	189	240	1020	1260
8	Возвратные воды	млн.м3	95	17	0	0	16	95	56	55	57	195	269	177	223	809	1032
9	Наполнение (+) и сработка (-) водохранилищ, потери	млн.м3	0	50	50	50	-70	-80	0	100	50	-50	-100	0	0	0	0
10	Русловые потери	млн.м3	2	1	1	1	1	2	6	10	10	8	4	2	9	41	50
11	Сток реки Сурхандарья: устье	млн.м3	2	23	16	11	73	34	26	75	63	79	26	15	159	285	444
	РЕКА АМУДАРЬЯ																
1	Сток реки Вахш: устье	млн.м3	558	321	331	331	405	413	823	987	1329	1691	2456	1224	2359	8509	10868
2	Сток реки Пяндж: Нижний Пяндж	млн.м3	1744	1252	1155	1034	882	973	1317	1784	2933	5173	3962	2099	7039	17267	24306
3	Естественный сток реки Кундуз - восстановлен, как сброс в Амударью + водозабор (1.7 км3) на уровне 2000 года	млн.м3	252	254	256	187	276	195	404	776	1367	918	385	300	1420	4151	5571
4	Водозабор из реки Кундуз (Афганистан)	млн.м3	118	65	40	43	50	83	170	419	545	509	316	240	400	2199	2598
5	Река Кундуз: сброс в реку Амударья	млн.м3	134	190	216	143	226	112	235	357	822	409	69	60	1021	1952	2973
6	Сток реки Кафирниган: устье	млн.м3	12	24	104	48	43	111	237	150	84	6	6	3	340	486	827
7	Сток реки Сурхандарья: устье	млн.м3	2	23	16	11	73	34	26	75	63	79	26	15	159	285	444
8	Водозабор из Амударьи в Сурхандарьинскую ЗП: урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	млн.м3	114	95	0	0	43	64	124	150	173	211	199	103	316	960	1276
9	Дефицит воды в Сурхандарьинской ЗП	млн.м3	20	-43	0	0	8	70	31	37	43	53	50	26	54	240	294
10	Возвратный сток в Амударью	млн.м3	0	17	0	0	17	0	76	24	67	29	3	12	33	211	244
11	Русловые потери	млн.м3	12	9	9	8	8	8	13	17	26	37	33	17	55	142	197
12	Сток реки Амударья: приток к среднему течению	млн.м3	2323	1722	1812	1560	1594	1571	2576	3210	5098	7139	6292	3293	10582	27607	38190
13	Водозабор в Гарагумдарью - ЗП Мары, Ахал, Балкан (Туркменистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	783	513	460	460	376	647	940	1116	1140	1178	1083	797	3239	6254	9493
14	Дефицит воды	млн.м3	21	31	22	22	184	291	235	279	285	295	271	199	571	1564	2135

15	Водозабор в Каршинский Магистральный канал - Каршинская ЗП (Узбекистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	346	292	228	228	147	204	340	364	380	407	378	290	1444	2160	3604
16	Дефицит воды	млн.м3	2	-7	40	40	26	154	85	91	95	102	95	73	256	540	796
17	Водозабор в Аму-Бухарский канал - Бухарская и Навоийская ЗП (Узбекистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	210	192	177	395	174	166	303	373	475	587	487	203	1314	2428	3742
18	Дефицит воды	млн.м3	13	10	7	70	54	77	76	93	119	147	122	51	231	607	838
19	Водозабор Лебапскую ЗП (Туркменистан): урезка лимита в маловодный год и лимит в год средней водности	млн.м3	227	133	59	84	228	365	314	369	399	410	349	274	1097	2115	3212
20	Дефицит воды	млн.м3	40	23	10	15	40	64	79	92	100	102	87	69	194	529	722
21	Итого водозабор среднего течения Амударьи	млн.м3	1566	1130	924	1167	925	1382	1898	2221	2394	2582	2297	1564	7093	12958	20051
22	Возвратный сток с Лебапской ЗП (Туркменистан)	млн.м3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Возвратный сток с Каршинской ЗП (Узбекистан)	млн.м3	22	24	21	27	52	87	41	48	46	49	45	20	233	249	482
24	Возвратный сток с Бухарской ЗП (Узбекистан)	млн.м3	36	21	16	85	97	92	76	92	119	147	122	24	347	579	926
25	Руслевые потери	млн.м3	12	9	11	9	11	7	65	86	179	278	242	110	59	960	1019
26	Сток реки Амударья: приток к Тюямуюнскому гидроузлу (ТМГУ)	млн.м3	803	628	914	496	808	361	730	1042	2689	4475	3920	1663	4010	14518	18528
27	Регулирование стока в водохранилищах ТМГУ (+) наполнение, (-) срабока	млн.м3	0	100	300	0	-200	-1000	-750	-1510	-530	220	330	40	-800	-2200	-3000
28	Потери в водохранилищах ТМГУ	млн.м3	30	15	5	5	5	10	65	80	110	110	60	110	70	535	605
	Объем воды в вдхр. на начало сезона	млн.м3	7000	7000	7100	7400	7400	7200	6200	5450	3940	3410	3630	3960			
	Объем воды в вдхр. на конец сезона	млн.м3	7000	7100	7400	7400	7200	6200	5450	3940	3410	3630	3960	4000			
29	Попуск из ТМГУ (сброс в реку + водозабор)	млн.м3	773	513	609	491	1003	1351	1415	2472	3109	4145	3530	1513	4740	16183	20923
30	Водозабор в Дошогузскую ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Туркменистан)	млн.м3	194	0	0	277	345	374	584	578	610	843	901	514	1190	4030	5220
31	Дефицит воды в Дошогузской ЗП	млн.м3	-83	0	0	0	178	301	146	145	153	211	225	128	397	1008	1404
32	Водозабор в Хорезскую ЗП: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности (Узбекистан)	млн.м3	122	0	0	100	319	508	207	330	588	722	626	288	1050	2760	3809
33	Дефицит воды в Хорезской ЗП	млн.м3	22	0	0	0	56	208	52	83	147	180	156	72	286	690	976

34	Водозабор в ЗП Республики Каракалпакистан: 90 % лимита в маловодный год и лимит в год средней водности(Узбекистан)	млн.м3	306	275	131	2	237	323	230	982	1127	1607	1225	297	1274	5468	6742
35	Дефицит воды в Республике Каракалпакистан	млн.м3	-5	49	23	0	42	116	58	246	282	402	306	74	226	1367	1593
36	Итого водозабор в низовьях Амударьи	млн.м3	622	275	131	379	901	1205	1022	1891	2325	3172	2751	1098	3514	12258	15772
37	Дефицит воды в низовьях	млн.м3	-66	49	23	0	276	625	255	473	581	793	688	275	908	3065	3972
38	Аварийно-экологические пуски в каналы	млн.м3	0	0	0	0	0	0	133	133	133	133	133	133	0	800	800
	В том числе: в Дошогузскую ЗП	млн.м3	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	0	150	150
	в Хорезмскую ЗП	млн.м3	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	0	150	150
	вЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	0	0	0	0	0	0	83	83	83	83	83	83	0	500	500
39	Коллекторно-дренажный сток	млн.м3	249	110	52	152	360	482	409	756	930	1269	1100	439	1406	4903	6309
	В том числе: Дошогузская ЗП	млн.м3	78	0	0	111	138	150	234	231	244	337	360	205	476	1612	2088
	Хорезмская ЗП	млн.м3	49	0	0	40	128	203	83	132	235	289	250	115	420	1104	1524
	ЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	122	110	52	1	95	129	92	393	451	643	490	119	510	2187	2697
40	Повторное использование КДС на орошение	млн.м3	31	14	7	19	45	60	51	95	116	159	138	55	176	613	789
	В том числе: Дошогузская ЗП	млн.м3	10	0	0	14	17	19	29	29	31	42	45	26	60	202	261
	Хорезмская ЗП	млн.м3	6	0	0	5	16	25	10	17	29	36	31	14	52	138	190
	ЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	15	14	7	0	12	16	12	49	56	80	61	15	64	273	337
41	Сброс КДС в озера	млн.м3	218	96	46	133	315	422	358	662	814	1110	963	384	1230	4290	5520
	В том числе: Дошогузская ЗП	млн.м3	68	0	0	97	121	131	204	202	214	295	315	180	417	1411	1827
	Хорезмская ЗП	млн.м3	43	0	0	35	112	178	73	116	206	253	219	101	367	966	1333
	ЗП Республики Каракалпакистан	млн.м3	107	96	46	1	83	113	81	344	394	562	429	104	446	1914	2360
42	Возвратный сток: сброс в Амударью	млн.м3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	Руслевые потери в низовьях Амударьи	млн.м3	77	51	61	49	100	135	255	445	560	746	635	272	474	2913	3387
44	Сток реки Амударья: приток в Приаралье	млн.м3	74	186	417	63	2	11	5	3	92	93	10	9	752	212	964
45	Подача речной воды в озера Приаралья	млн.м3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	Дефицит воды в системе озер	млн.м3	333	333	333	333	333	333	500	500	500	500	500	500	2000	3000	5000
47	Потери в Приаралье	млн.м3	0.4	0.9	2.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.1	0.0	4	1	5

48	Сток реки Амударья: сброс в Большое Аральское море (Восточная часть)	млн.м3	73	185	415	63	2	11	5	3	91	93	10	9	748	211	959
49	Подача КДС в Приаралье	млн.м3	75	67	32	1	58	79	56	241	276	394	300	73	312	1340	1652
50	ВСЕГО ПОДАЧА В АРАЛ	млн.м3	148	253	447	63	60	90	61	243	367	487	310	82	1061	1550	2611
51	ВСЕГО ВОДОЗАБОР	млн.м3	2840	1935	1376	1851	2211	3170	3563	5147	5935	7092	6330	3531	13382	31597	44978
52	ВСЕГО ПОДАЧА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ	млн.м3	0	0	0	0	0	0	133	133	133	133	133	133	0	800	800
53	ВСЕГО КДС	млн.м3	307	172	89	264	526	661	602	920	1161	1493	1271	495	2019	5942	7962
	в % от водозабора	млн.м3	11	9	7	14	24	21	17	18	20	21	20	14			
54	ВСЕГО ПОТЕРИ ВОДЫ	млн.м3	120	76	79	63	116	152	384	611	849	1134	937	493	607	4409	5015
	в % от стока реки Амударьи (сумма 5 рек)	%	5	4	4	4	7	10	15	19	17	16	15	15			
55	Урезка лимита в бассейне	%	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	0	30	
56	ВСЕГО ДЕФИЦИТ	млн.м3	102	140	160	201	648	1396	891	1287	1484	1773	1582	883	2648	7899	10547

Объемы за апрель-сентябрь	Case	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью, км3	1	42,54	30,72	42,45	36,04	45,83	72,85	39,58	32,88	33,00	54,17
	2	46,38	33,33	45,93	38,77	49,75	77,30	43,77	36,67	35,57	57,34
	3	40,86	29,65	40,67	34,47	43,66	70,11	43,22	38,42	31,57	51,81
	4	44,69	32,03	44,16	37,20	47,57	74,56	47,40	42,21	34,14	54,98
Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ), км3	1	27,15	17,92	27,06	22,96	30,28	55,41	23,81	19,52	19,63	37,67
	2	30,79	19,73	30,37	23,57	34,00	59,64	27,79	22,42	21,38	40,68
	3	25,55	17,56	25,38	21,47	28,21	52,82	27,27	24,78	18,27	35,43
	4	29,20	18,49	28,69	22,08	31,93	57,04	31,24	27,68	20,02	38,44
Подача воды в озера Южного Приаралья, км3	1	3,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00
	2	3,00	0,00	3,00	0,50	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	3,00
	3	3,00	0,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	3,00
	4	3,00	0,00	2,00	0,50	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	3,00
Подача воды в Аральское море по реке Амударья и коллекторам, км3	1	3,70	1,68	4,38	2,55	4,44	28,62	2,81	1,91	1,99	8,20
	2	2,59	1,62	4,00	1,96	5,60	25,21	2,68	2,05	2,11	9,60
	3	2,57	2,03	3,18	2,40	2,98	26,63	5,26	3,84	1,93	6,62
	4	2,20	1,80	2,86	2,02	4,14	23,29	5,12	5,78	2,68	8,01
Водозабор, км3	1	39,49	33,57	39,49	33,57	39,49	39,49	39,49	33,57	33,57	39,49
	2	39,49	35,54	39,49	39,49	39,49	39,49	39,49	35,54	35,54	39,49
	3	39,49	31,59	39,49	33,57	39,49	39,49	39,49	33,57	33,57	39,49
	4	39,49	35,54	39,49	39,49	39,49	39,49	39,49	35,54	35,54	39,49
Русловые потери, км3	1	7,60	4,93	7,84	6,37	8,16	14,46	7,01	5,40	5,44	10,20
	2	7,55	5,22	7,70	6,07	8,91	16,33	7,33	5,65	5,50	10,98
	3	7,05	4,88	7,26	5,95	7,45	13,72	8,20	7,02	5,07	9,43
	4	7,26	5,13	7,07	5,94	8,20	15,50	8,52	7,46	5,50	10,21
Дефицит воды, км3	1	0,00	5,92	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00	5,92	5,92	0,00
	2	0,00	3,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,95	3,95	0,00
	3	0,00	7,90	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00	5,92	5,92	0,00
	4	0,00	3,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,95	3,95	0,00

Объемы за апрель-сентябрь	Case	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью, км3	1	25,77	41,33	35,84	37,93	45,13	37,28	34,48	34,17	27,82	37,37
	2	28,39	43,85	39,89	41,55	49,05	40,77	38,60	37,96	31,29	41,20
	3	24,40	39,46	34,20	36,07	42,80	37,06	33,61	35,87	26,34	35,68
	4	27,26	41,98	38,25	39,69	46,72	40,54	37,73	39,66	30,05	39,27
Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ), км3	1	14,14	26,85	21,64	23,62	29,09	23,02	19,63	20,07	15,50	22,38
	2	15,25	27,87	25,49	25,69	32,81	24,15	23,55	22,94	17,33	26,02
	3	12,84	25,07	20,08	21,85	26,87	22,81	18,80	21,68	14,09	21,50
	4	14,86	26,10	23,92	23,92	30,59	23,94	22,72	24,55	16,88	24,19
Подача воды в озера Южного Приаралья, км3	1	0,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	1,00	0,00	0,00	3,00
	2	0,00	2,00	2,00	1,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	2,00
	3	0,00	2,00	2,00	1,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
	4	0,00	1,00	2,00	0,00	3,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Подача воды в Аральское море по реке Амударья и коллекторам, км3	1	1,73	2,48	2,48	2,57	4,33	1,86	2,12	1,73	1,98	1,53
	2	1,58	2,16	1,68	2,31	4,76	2,11	1,95	1,67	1,57	2,06
	3	1,53	2,13	2,28	2,22	2,76	1,70	1,54	1,97	1,51	1,52
	4	1,94	1,80	2,05	1,92	3,19	1,93	2,26	1,92	1,89	1,66
Водозабор, км3	1	29,62	35,54	35,54	35,54	39,49	33,57	35,54	33,57	29,62	35,54
	2	33,57	39,49	35,54	39,49	39,49	39,49	35,54	35,54	33,57	35,54
	3	29,62	35,54	35,54	35,54	39,49	33,57	35,54	33,57	29,62	33,57
	4	31,59	39,49	35,54	39,49	39,49	39,49	35,54	35,54	31,59	35,54
Русловые потери, км3	1	4,27	6,87	6,39	6,39	8,04	6,18	5,68	5,21	4,48	6,16
	2	4,25	6,93	6,24	6,48	8,53	6,11	5,98	5,60	4,88	6,47
	3	4,10	6,36	5,95	5,88	7,27	6,11	5,39	5,66	4,46	5,92
	4	4,15	6,42	6,23	6,01	7,77	6,05	5,79	6,06	4,75	5,93
Дефицит воды, км3	1	9,87	3,95	3,95	3,95	0,00	5,92	3,95	5,92	9,87	3,95
	2	5,92	0,00	3,95	0,00	0,00	0,00	3,95	3,95	5,92	3,95
	3	9,87	3,95	3,95	3,95	0,00	5,92	3,95	5,92	9,87	5,92
	4	7,90	0,00	3,95	0,00	0,00	0,00	3,95	3,95	7,90	3,95

Годовые объемы	Case	2040-41	2041-42	2042-43	2043-44	2044-45	2045-46	2046-47	2047-48	2048-49	2049-50
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью, км3	1	55,40	49,87	39,57	59,51	67,37	42,01	57,33	56,00	69,57	60,84
	2	55,47	49,84	39,03	59,16	67,24	41,40	57,78	55,51	69,58	60,83
	3	53,51	48,14	38,32	57,51	64,95	40,51	55,24	54,25	66,90	57,82
	4	53,59	48,11	37,78	57,16	64,83	39,90	55,70	53,75	66,92	57,81
Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ), км3	1	30,94	27,87	19,48	36,32	42,40	21,81	32,74	33,13	44,55	36,10
	2	30,85	27,73	18,54	34,37	42,15	20,84	33,04	31,04	44,42	35,95
	3	29,17	26,25	19,04	34,44	40,12	21,13	30,78	31,49	42,04	33,25
	4	29,08	26,10	18,10	32,48	39,88	20,16	31,08	29,39	41,91	33,10
Подача воды в озера Южного Приаралья, км3	1	2,00	4,00	0,00	5,00	4,00	1,00	4,00	5,00	5,00	5,00
	2	3,00	1,00	0,00	3,00	5,00	0,00	3,00	3,00	5,00	5,00
	3	2,00	3,00	0,00	5,00	5,00	1,00	4,00	4,00	5,00	5,00
	4	2,00	1,00	0,00	2,00	5,00	0,00	2,00	3,00	5,00	5,00
Подача воды в Аральское море по реке Амударья и коллекторам, км3	1	3,60	3,05	2,55	5,49	9,25	2,58	4,57	4,59	11,44	5,45
	2	3,46	3,76	2,17	4,40	9,86	2,77	3,38	3,74	11,54	5,29
	3	2,38	2,83	2,90	4,24	6,77	2,74	3,21	4,37	9,70	3,49
	4	3,14	2,64	2,53	4,03	8,29	2,97	2,93	4,08	8,19	3,30
Водозабор, км3	1	55,24	49,32	45,37	51,29	55,24	45,37	55,24	51,29	55,24	55,24
	2	55,24	49,72	46,95	55,24	55,24	46,95	55,24	55,24	55,24	55,24
	3	55,24	49,32	43,39	51,29	55,24	43,39	55,24	51,29	55,24	55,24
	4	55,24	49,72	44,98	55,24	55,24	44,98	55,24	55,24	55,24	55,24
Русловые потери, км3	1	7,72	7,06	5,13	8,82	11,04	5,54	8,68	8,21	12,05	9,32
	2	7,93	7,03	4,82	8,69	11,30	5,59	8,32	7,69	11,96	9,46
	3	7,06	6,55	4,97	8,07	10,10	5,32	7,95	7,68	11,12	8,25
	4	7,37	6,42	4,65	8,05	10,46	5,33	7,69	7,59	10,65	8,43
Дефицит воды, км3	1	0,00	5,92	9,87	3,95	0,00	9,87	0,00	3,95	0,00	0,00
	2	0,00	5,52	8,29	0,00	0,00	8,29	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	5,92	11,85	3,95	0,00	11,85	0,00	3,95	0,00	0,00
	4	0,00	5,52	10,26	0,00	0,00	10,26	0,00	0,00	0,00	0,00

Объемы за апрель-сентябрь	Case	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью, км3	1	40,58	35,24	26,47	44,36	50,47	28,66	43,33	37,36	51,30	46,44
	2	44,60	39,09	29,03	48,07	53,57	30,35	47,12	40,91	54,80	49,80
	3	38,26	33,08	24,83	41,88	47,53	26,72	40,76	35,00	48,02	42,94
	4	42,28	36,93	27,40	45,60	50,63	28,41	44,55	38,55	51,52	46,31
Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ), км3	1	23,97	21,09	14,21	29,01	33,37	16,29	26,58	22,37	34,15	29,53
	2	27,79	24,01	15,19	31,09	36,31	16,44	30,18	24,29	37,48	32,73
	3	21,76	19,04	13,38	26,66	30,57	15,17	24,14	20,12	31,03	26,21
	4	25,58	21,96	14,37	28,74	33,51	15,32	27,74	22,04	34,36	29,41
Подача воды в озера Южного Приаралья, км3	1	2,00	2,00	0,00	3,00	3,00	0,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	2	2,00	1,00	0,00	3,00	3,00	0,00	3,00	1,00	3,00	3,00
	3	1,00	1,00	0,00	3,00	3,00	0,00	3,00	2,00	3,00	3,00
	4	0,00	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	2,00	1,00	3,00	3,00
Подача воды в Аральское море по реке Амударья и коллекторам, км3	1	2,35	2,12	1,76	4,76	8,10	1,74	4,04	3,00	10,14	4,65
	2	2,10	2,27	1,53	3,54	7,24	2,11	2,90	2,03	8,06	4,70
	3	1,69	1,57	1,79	3,09	6,12	1,55	2,30	2,31	7,93	2,30
	4	2,34	1,72	1,55	2,77	5,26	1,92	2,06	1,90	5,86	2,35
Водозабор, км3	1	39,49	33,57	29,62	35,54	39,49	29,62	39,49	35,54	39,49	39,49
	2	39,49	35,54	33,57	39,49	39,49	33,57	39,49	39,49	39,49	39,49
	3	39,49	33,57	27,64	35,54	39,49	27,64	39,49	35,54	39,49	39,49
	4	39,49	35,54	31,59	39,49	39,49	31,59	39,49	39,49	39,49	39,49
Русловые потери, км3	1	6,68	5,88	4,34	7,92	9,81	4,56	7,74	6,68	10,61	8,23
	2	6,94	6,14	4,27	7,98	9,78	5,01	7,67	6,33	10,18	8,55
	3	6,02	5,27	4,11	7,11	8,85	4,24	6,90	6,01	9,53	7,09
	4	6,39	5,53	4,05	7,27	8,82	4,69	6,93	6,09	9,11	7,40
Дефицит воды, км3	1	0,00	5,92	9,87	3,95	0,00	9,87	0,00	3,95	0,00	0,00
	2	0,00	3,95	5,92	0,00	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	5,92	11,85	3,95	0,00	11,85	0,00	3,95	0,00	0,00
	4	0,00	3,95	7,90	0,00	0,00	7,90	0,00	0,00	0,00	0,00

Объемы за апрель-сентябрь	Case	2051	2052	2053	2054	2055	среднее	MAX	MIN
Сток реки Амударья в створе выше водозабора в Гарагумдарью, км3	1	51,61	33,92	36,12	34,37	57,30	40,14	72,85	25,77
	2	55,49	37,26	39,32	37,79	59,78	43,55	77,30	28,39
	3	48,04	31,53	33,61	31,55	53,37	38,49	70,11	24,40
	4	51,92	34,64	37,05	35,21	55,85	41,91	74,56	27,26
Сток реки Амударья в г/п Бирата (приток к ТМГУ), км3	1	34,45	20,56	21,19	20,98	39,86	25,28	55,41	14,14
	2	38,14	23,00	22,77	22,77	42,21	27,88	59,64	15,25
	3	31,05	19,02	19,53	18,30	36,12	23,84	52,82	12,84
	4	34,74	20,51	22,07	21,05	38,47	26,47	57,04	14,86
Подача воды в озера Южного Приаралья, км3	1	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	2,14	3,00	0,00
	2	3,00	2,00	2,00	1,00	3,00	1,70	3,00	0,00
	3	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,94	3,00	0,00
	4	3,00	0,00	3,00	1,00	3,00	1,41	3,00	0,00
Подача воды в Аральское море по реке Амударья и коллекторам, км3	1	7,39	1,64	1,59	2,65	10,49	4,27	28,62	1,68
	2	8,53	2,06	1,84	2,14	11,42	4,05	25,21	1,62
	3	4,99	2,11	1,92	1,66	7,84	3,59	26,63	1,51
	4	6,13	2,10	1,64	1,52	8,77	3,61	23,29	1,55
Водозабор, км3	1	39,49	31,59	35,54	31,59	39,49	35,82	39,49	29,62
	2	39,49	33,57	39,49	35,54	39,49	37,63	39,49	33,57
	3	39,49	29,62	33,57	31,59	39,49	35,48	39,49	27,64
	4	39,49	33,57	35,54	33,57	39,49	37,23	39,49	31,59
Русловые потери, км3	1	9,66	5,47	5,85	5,91	11,26	7,08	14,46	4,27
	2	10,41	5,96	5,93	5,97	11,81	7,30	16,33	4,25
	3	8,49	5,06	5,45	5,09	9,97	6,64	13,72	4,10
	4	9,24	5,30	5,73	5,44	10,52	6,93	15,50	4,05
Дефицит воды, км3	1	0,00	7,90	3,95	7,90	0,00	3,67	9,87	0,00
	2	0,00	5,92	0,00	3,95	0,00	1,86	5,92	0,00
	3	0,00	9,87	5,92	7,90	0,00	4,01	11,85	0,00
	4	0,00	5,92	3,95	5,92	0,00	2,26	7,90	0,00

Приложение 5. GAMS-модель оптимизации работы Нурекской ГЭС

Модель описывает работу Нурекской ГЭС в Вахшском каскаде. В качестве исходной информации вводятся ежемесячные гидрографы (ряды) стока реки Вахш с 2015 по 2055 годы, полученные проектом PEER по двум вариантам: i) по сценарию продолжения цикла без учета влияния климата; ii) 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): i) максимизация выработки электроэнергии в осенне-зимний период (октябрь-март), ii)) максимизация выработки электроэнергии за год.

Файловая структура программы оптимизации Нурекской ГЭС.

Всего создано 63 файла (7 папок / 9 файлов).

Файлы программы размещены в директории C:/ASBmm/WAM/A в семи папках: 2020=2025, 2025-2030,...2050-2055.

В каждой папке находятся файлы:

1. Реализующие алгоритм (a.gms, a1.txt, a2.txt, a3.txt);
2. Содержащие исходные данные по расходам реки Вахш (riv.txt, riv.csv);
3. Содержащих результаты расчетов – объемы воды в вдхр. и попуски воды из Нурекского вдхр (wr.csv, wr.xls, test.txt).

Запуск программы оптимизации осуществляется командой

GAMS A/GMS.

Листинг программы A.GMS:

```
$title PEER / NUREK / SIC ICWC, D.Sorokin, 1.07.2017
```

```
$inlinecom { }
```

```
$offlisting
```

```
*$offsymxref
```

```
*$offsymlist
```

```
*$offuelist
```

```
*$offupper
```

```
$include 'c:\ASBmm\WAm\A\a1.txt'
```

```
$include 'c:\ASBmm\WAm\A\a2.txt'
```

```
option reslim =10000;
```

```
*option reslim =1000;
```

```
option iterlim = 20000;
```

```
*option iterlim = 5000;
```

```
*option domlim =10000;
```

```
*option optcr = 0.000001;
```

```
option limrow =0;
```

```
option limcol =0;
```

```
option solprint = off;
```

```
model OP6 /E1,E2,E3,Fun6 /;
```

```
model OP7 /E1,E2,E3,Fun7 /;
```

```
model OP8 /E1,E2,E3,Fun8 /;
```

```
FILE CON;
```

```
put CON;
```

```
put ' ' put /;
```

```
put '-----' put /;
```

```
put ' Model ASBmm, WAM, 1.07.2017' put /;
```

```
put ' SIC ICWC, D.Sorokin 'put /;
```

```
if (xxx('1')=6,
```

```
solve OP6 using NLP maximizing Y6;
```

```
else
```

```
);
```

```
if (xxx('1')=7,
```

```
solve OP7 using NLP maximizing Y7;
```

```
else
```

```
);
```

```
if (xxx('1')=8,
```

```
solve OP8 using NLP maximizing Y8;
```

```
else
```

```
);
```

\$include 'c:\ASBmm\WAm\A\a3.txt'

- * PEEE / NUREK/SIC ICWC 1.07.2017 / D.Sorokin
- * Water Allocation Model / Amudarya River Basin
- * Sub-program / Structural & Input data block
- * File a1.txt

sets

t / 1*60 /
tt(t) /1*5 /
t0(t) /1 /
tn(t) / 1*6, 13*18, 25*30, 37*42, 49*54 /
tv(t) / 7*12, 19*24, 31*36, 43*48, 55*60 /
t1(t) / 1*12 /
t2(t) / 13*24 /
t3(t) / 25*36 /
t4(t) / 37*48 /
t5(t) / 49*60 /

tv1(t) / 7*12 /
tv2(t) / 19*24 /
tv3(t) / 31*36 /
tv4(t) / 43*48 /
tv5(t) / 55*60 /
tn1(t) / 1*6 /
tn2(t) / 13*18 /
tn3(t) / 25*30 /
tn4(t) / 37*42 /
tn5(t) / 49*54 /

tt1(tt) / 1 /
tt2(tt) / 2 /
tt3(tt) / 3 /
tt4(tt) / 4 /
tt5(tt) / 5 /

*NEW

oct (t) / 1, 13, 25, 37, 49 /
nov (t) / 2, 14, 26, 38, 50 /
dec (t) / 3, 15, 27, 39, 51 /
jan (t) / 4, 16, 28, 40, 52 /
feb (t) / 5, 17, 29, 41, 53 /
mar (t) / 6, 18, 30, 42, 54 /
apr (t) / 7, 19, 31, 43, 55 /
may (t) / 8, 20, 32, 44, 56 /
jun (t) / 9, 21, 33, 45, 57 /
jul (t) / 10, 22, 34, 46, 58 /
aug (t) / 11, 23, 35, 47, 59 /
sep (t) / 12, 24, 36, 48, 60 /

J / N_1, V_2 /
N(j) / N_1 /
V(j) / V_2 /

sets { sets for link }

TTL(tt,t) / 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12
2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22,
2.23, 2.24, 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30, 3.31, 3.32,
3.33, 3.34, 3.35, 3.36, 4.37, 4.38, 4.39, 4.40, 4.41, 4.42,
4.43, 4.44, 4.45, 4.46, 4.47, 4.48, 5.49, 5.50, 5.51, 5.52,
5.53, 5.54, 5.55, 5.56, 5.57, 5.58, 5.59, 5.60 /

TL(t,tt) / 1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 9.1, 10.1, 11.1, 12.1,
13.2, 14.2, 15.2, 16.2, 17.2, 18.2, 19.2, 20.2, 21.2, 22.2,
23.2, 24.2, 25.3, 26.3, 27.3, 28.3, 29.3, 30.3, 31.3, 32.3,
33.3, 34.3, 35.3, 36.3, 37.4, 38.4, 39.4, 40.4, 41.4, 42.4,
43.4, 44.4, 45.4, 46.4, 47.4, 48.4, 49.5, 50.5, 51.5, 52.5,
53.5, 54.5, 55.5, 56.5, 57.5, 58.5, 59.5, 60.5 /

parameters xxx(tt)

/
* 1 6
1 7
* 1 8
/;

table W(N,t)

*\$include 'C:\ASBmm\WAm\A\riv.txt'

\$ondelim

\$include 'C:\ASBmm\WAm\A\riv.csv'

\$offdelim

* PEER / NUREK / SIC ICWC 1.07.2017 / D.Sorokin
* Water Allocation Model / Amudarya River Basin
* Sub-program / Balance & Objective function, Input limitation block
* File A 2.txt

positive variables

WV_out(t)
VN(t)
VK(t)
EG(t)

variables

Y6
Y7
Y8;

Equations

E1(t)
E2(t)
E3(t)
FUN6
FUN7
FUN8;

E1(t).. W('N_1',t) =e= VK(t) - VN(t) + WV_out(t);

E2(t)\$ (not t0(t))..VN(t) =e= VK(t-1);

E3(t)..EG(t)=e= (VK(t)+VN(t))* WV_out(t)/1000000;

FUN6..Y6 =e= sum(t, EG(t));

FUN7..Y7 =e= sum(tn,EG(tn));

FUN8..Y8 =e= sum(tv,EG(tv));

* PEER / NUREK /SIC ICWC 1.07.2017 / D.Sorokin

* Sub-program Output

* file a3.txt

Parameter WV_S(tt),WV_Sv(tt),WV_Snv(tt) ;

WV_S("1")= Sum(t1, WV_out.l(t1));

WV_S("2")= Sum(t2, WV_out.l(t2));

WV_S("3")= Sum(t3, WV_out.l(t3));

WV_S("4")= Sum(t4, WV_out.l(t4));

WV_S("5")= Sum(t5, WV_out.l(t5));

*

WV_Sv("1")= Sum(tv1, WV_out.l(tv1));

WV_Sv("2")= Sum(tv2, WV_out.l(tv2));

WV_Sv("3")= Sum(tv3, WV_out.l(tv3));

WV_Sv("4")= Sum(tv4, WV_out.l(tv4));

WV_Sv("5")= Sum(tv5, WV_out.l(tv5));

*

WV_Snv("1")= Sum(tn1, WV_out.l(tn1));

WV_Snv("2")= Sum(tn2, WV_out.l(tn2));

WV_Snv("3")= Sum(tn3, WV_out.l(tn3));

WV_Snv("4")= Sum(tn4, WV_out.l(tn4));

WV_Snv("5")= Sum(tn5, WV_out.l(tn5));

*

FILE sor777 / c:\ASBmm\WAm\A\ test.txt /

PUT sor777

Put ' W ' put /;

Put Loop (t1, put w('N_1',t1):8:0) put /;

Put Loop (t2, put w('N_1',t2):8:0) put /;

Put Loop (t3, put w('N_1',t3):8:0) put /;

Put Loop (t4, put w('N_1',t4):8:0) put /;

Put Loop (t5, put w('N_1',t5):8:0) put /;

Put ' VN' put /;

Put Loop (t1, put VN.l(t1):8:0) put /;

Put Loop (t2, put VN.l(t2):8:0) put /;

Put Loop (t3, put VN.l(t3):8:0) put /;

Put Loop (t4, put VN.l(t4):8:0) put /;

Put Loop (t5, put VN.l(t5):8:0) put /;

Put ' VK' put /;

Put Loop (t1, put VK.l(t1):8:0) put /;

Put Loop (t2, put VK.l(t2):8:0) put /;

Put Loop (t3, put VK.l(t3):8:0) put /;

Put Loop (t4, put VK.l(t4):8:0) put /;

```

Put Loop (t5, put VK.l(t5):8:0) put /;
Put ' WV_out' put /;
Put Loop (t1, put WV_out.l(t1):8:0) put /;
Put Loop (t2, put WV_out.l(t2):8:0) put /;
Put Loop (t3, put WV_out.l(t3):8:0) put /;
Put Loop (t4, put WV_out.l(t4):8:0) put /;
Put Loop (t5, put WV_out.l(t5):8:0) put /;
Put ' WV_S' put /;
Put WV_S("1"):8:0 Put WV_Sv("1"):8:0 Put WV_Snv("1"):8:0 put /;
Put WV_S("2"):8:0 Put WV_Sv("2"):8:0 Put WV_Snv("2"):8:0 put /;
Put WV_S("3"):8:0 Put WV_Sv("3"):8:0 Put WV_Snv("3"):8:0 put /;
Put WV_S("4"):8:0 Put WV_Sv("4"):8:0 Put WV_Snv("4"):8:0 put /;
Put WV_S("5"):8:0 Put WV_Sv("5"):8:0 Put WV_Snv("5"):8:0 put /;
Put ' RULE ' put /;
Put Loop (t1, put (VK.l(t1)/10570):8:2) put /;
Put Loop (t2, put (VK.l(t2)/10570):8:2) put /;
Put Loop (t3, put (VK.l(t3)/10570):8:2) put /;
Put Loop (t4, put (VK.l(t4)/10570):8:2) put /;
Put Loop (t5, put (VK.l(t5)/10570):8:2) put /;

```

```

** TEST: Export to Excel / csv
FILE RES48 / c:\ASBmm\WAm\A\wr6.csv /;
RES48.pc=5;
If(xxx('1')=6,
PUT RES48;
  Loop (t,
Put w('N_1',t):8:0 put VN.l(t):8:0 put VN.l(t):8:0
Put WV_out.l(t):8:0 put  put (VN.l(t)/10570):8:2 /;
  );
Putclose;
else
);

```

```

** TEST: Export to Excel / csv
FILE RES49 / c:\ASBmm\WAm\A\wr7.csv /;
RES49.pc=5;
If(xxx('1')=7,
PUT RES49;
  Loop (t,
Put w('N_1',t):8:0 put VN.l(t):8:0 put VN.l(t):8:0
Put WV_out.l(t):8:0 put  put (VN.l(t)/10570):8:2 /;
  );
Putclose;
else
);

```

Прогон программы A.GMS (поиск оптимального решения):

GAMS 24.5.4 r54492 Released Oct 15, 2015 WEX-VS8 x86 32bit/MS Windows
08/02/17 12:26:27 Page 1
PEER / NUREK / SIC ICWC, D.Sorokin, 1.07.2017
Include File Summary

SEQ	GLOBAL	TYPE	PARENT	LOCAL	FILENAME
1	1	INPUT	0	0	c:\ASBmm\WAM\A\a.gms
2	9	INCLUDE	1	9	.c:\ASBmm\WAm\A\a1.txt
3	154	INCLUDE	2	145	..C:\ASBmm\WAm\A\riv.csv
4	161	INCLUDE	1	10	.c:\ASBmm\WAm\A\a2.txt
5	310	INCLUDE	1	51	.c:\ASBmm\WAm\A\a3.txt

COMPILATION TIME = 0.016 SECONDS 3 MB 24.5.4 r54492 WEX-VS8

GAMS 24.5.4 r54492 Released Oct 15, 2015 WEX-VS8 x86 32bit/MS Windows
08/02/17 12:26:27 Page 2
PEER / NUREK / SIC ICWC, D.Sorokin, 1.07.2017
Model Statistics SOLVE OP7 Using NLP From line 301

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	4	SINGLE EQUATIONS	180
BLOCKS OF VARIABLES	5	SINGLE VARIABLES	241 40 projected
NON ZERO ELEMENTS	569	NON LINEAR N-Z	180
DERIVATIVE POOL	20	CONSTANT POOL	17
CODE LENGTH	420		

GENERATION TIME = 0.000 SECONDS 4 MB 24.5.4 r54492 WEX-VS8

EXECUTION TIME = 0.000 SECONDS 4 MB 24.5.4 r54492 WEX-VS8

GAMS 24.5.4 r54492 Released Oct 15, 2015 WEX-VS8 x86 32bit/MS Windows
08/02/17 12:26:27 Page 3
PEER / NUREK / SIC ICWC, D.Sorokin, 1.07.2017
Solution Report SOLVE OP7 Using NLP From line 301

SOLVE SUMMARY

MODEL OP7	OBJECTIVE Y7
TYPE NLP	DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CONOPT	FROM LINE 301

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 2 Locally Optimal
**** OBJECTIVE VALUE 645.5508

RESOURCE USAGE, LIMIT	0.016	10000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	72	20000
EVALUATION ERRORS	0	0

CONOPT 3 24.5.4 r54492 Released Oct 15, 2015 VS8 x86 32bit/MS Windows

CONOPT 3 version 3.17A
Copyright (C) ARKI Consulting and Development A/S
Bagsvaerdvej 246 A
DK-2880 Bagsvaerd, Denmark

The model has 241 variables and 180 constraints
with 569 Jacobian elements, 180 of which are nonlinear.
The Hessian of the Lagrangian has 0 elements on the diagonal,
120 elements below the diagonal, and 180 nonlinear variables.

Pre-triangular equations: 0
Post-triangular equations: 61
Definitional equations: 1

Optimal solution. Reduced gradient less than tolerance.

CONOPT time Total 0.027 seconds
of which: Function evaluations 0.000 = 0.0%
1st Derivative evaluations 0.000 = 0.0%

REPORT SUMMARY: 0 NONOPT
0 INFEASIBLE
0 UNBOUNDED
0 ERRORS

GAMS 24.5.4 r54492 Released Oct 15, 2015 WEX-VS8 x86 32bit/MS Windows
08/02/17 12:26:27 Page 4
PEER / NUREK / SIC ICWC, D.Sorokin, 1.07.2017
Execution

**** REPORT FILE SUMMARY

CON c:\ASBmm\WAM\A\CON.put
sor777 c:\ASBmm\WAM\A\test.txt
RES49 c:\ASBmm\WAM\A\wr7.csv

EXECUTION TIME = 0.000 SECONDS 3 MB 24.5.4 r54492 WEX-VS8

USER: GAMS Development Corporation, Washington, DC G871201/0000CA-ANY
Free Demo, 202-342-0180, sales@gams.com, www.gams.com DC0000

**** FILE SUMMARY

Input c:\ASBmm\WAM\A\a.gms
Output c:\ASBmm\WAM\A\a.lst

Пример вывода результатов / файл wr.xls:

Copy in a red framework the data from file 'wr.csv'

mln m3		to Nur	V1	V2	from Nur	Rule
2020/2021	oct	841	10500	10500	1100	0,99
	nov	599	10241	10241	1150	0,97
	dec	512	9690	9690	1320	0,92
	jan	421	8882	8882	1155	0,84
	feb	368	8148	8148	1427	0,77
	mar	611	7089	7089	1700	0,67
	apr	1325	6000	6000	1164	0,57
	may	2188	6161	6161	1994	0,58
	jun	3525	6356	6356	3000	0,6
	jul	4741	6881	6881	2100	0,65
2021/2022	aug	3509	9522	9522	2600	0,9
	sep	1985	10431	10431	1916	0,99
	oct	932	10500	10500	1100	0,99
	nov	638	10332	10332	1150	0,98
	dec	544	9820	9820	1320	0,93
	jan	482	9044	9044	1155	0,86
	feb	406	8371	8371	990	0,79
	mar	514	7787	7787	990	0,74
	apr	855	7311	7311	1111	0,69
	may	1936	7055	7055	1683	0,67
2022/2023	jun	2696	7308	7308	1800	0,69
	jul	3643	8204	8204	2100	0,78
	aug	2531	9747	9747	2000	0,92
	sep	1361	10278	10278	1520	0,97
	oct	739	10119	10119	1100	0,96
	nov	653	9758	9758	1150	0,92
	dec	501	9261	9261	1320	0,88
	jan	439	8442	8442	1155	0,8
	feb	438	7726	7726	990	0,73
	mar	603	7174	7174	1687	0,68
2023/2024	apr	1021	6090	6090	1111	0,58
	may	2322	6000	6000	2086	0,57
	jun	4536	6236	6236	3000	0,59
	jul	4044	7772	7772	2600	0,74
	aug	3884	9216	9216	2600	0,87
	sep	1744	10500	10500	1744	0,99
	oct	852	10500	10500	1100	0,99
	nov	586	10252	10252	1150	0,97
	dec	509	9688	9688	1320	0,92
	jan	437	8877	8877	1155	0,84
2024/2025	feb	380	8159	8159	1051	0,77
	mar	469	7488	7488	1700	0,71
	apr	1016	6257	6257	1111	0,59
	may	1521	6162	6162	1683	0,58
	jun	2924	6000	6000	1800	0,57
	jul	3667	7124	7124	2100	0,67
	aug	3613	8691	8691	2168	0,82
	sep	1884	10136	10136	1520	0,96
	oct	838	10500	10500	1100	0,99
	nov	617	10238	10238	1150	0,97
dec	554	9705	9705	1320	0,92	

jan	474	8939	8939	1155	0,85
feb	402	8258	8258	1600	0,78
mar	640	7060	7060	1700	0,67
apr	1148	6000	6000	1111	0,57
may	1832	6037	6037	1869	0,57
jun	3209	6000	6000	2509	0,57
jul	4818	6700	6700	2600	0,63
aug	4122	8918	8918	2600	0,84
sep	1630	10440	10440	1570	0,99

Приложение 6. Водопотребление ЗП (результаты расчетов модели ЗП)

Суммарное водопотребление ЗП (орошаемое земледелие, питьевое водоснабжение, промышленность): потребность на 2010-2050 гг, млн.м3

ЗП	Сценарии	2010-2020	2020-2055	2029-30	2054-55
Вахш	BAU	3835	3222	3714	2882
	FSD	3914	3704	4161	3406
	ESA	3907	3472	3924	3171
Пяндж	BAU	3437	2983	3346	2787
	FSD	3578	3705	3981	3643
	ESA	3572	3419	3751	3254
Нижний Кафипниган	BAU	1358	841	935	806
	FSD	1361	860	943	837
	ESA	1358	822	908	788
Ахал	BAU	5571	5002	4880	4573
	FSD	5562	5333	5097	4946
	ESA	5556	5483	5189	5140
Лебап	BAU	3725	3665	3905	3596
	FSD	3741	4163	4303	4253
	ESA	3735	4129	4241	4250
Мары	BAU	6431	5492	5844	5213
	FSD	6509	6428	6680	6431
	ESA	6502	6351	6573	6377
Хорезм	BAU	4158	4179	4075	4270
	FSD	4210	4305	4171	4466
	ESA	4208	4196	4081	4321
Северный Каракалпакистан	BAU	5176	4985	4869	4995
	FSD	5196	5001	4857	5064
	ESA	5219	4981	4854	5012
Южный Каракалпакистан	BAU	2012	2154	2091	2202
	FSD	1975	1930	1887	1952
	ESA	1974	1888	1848	1904
Дашогуз	BAU	5748	4757	4766	4490
	FSD	5878	5901	5661	5972
	ESA	5876	5723	5528	5715
Сурхандарья	BAU	4420	3387	3631	3319
	FSD	4446	3358	3603	3242
	ESA	4444	3323	3565	3207
Карши	BAU	4527	3930	4135	3884
	FSD	4494	3849	4044	3773
	ESA	4492	3820	4019	3735
Бухара	BAU	5094	4753	4835	4731
	FSD	5135	4890	4905	4939
	ESA	5132	4841	4846	4897

Суммарное водопотребление стран по участкам бассейна Амударьи (орошаемое земледелие, питьевое водоснабжение, промышленность): потребность на 2010-2050 гг в сравнении с лимитами , млн.м³

1.Суммирование по ЗП

ЗП	Сценарии	Лимит 2009-10	Лимит 2007-08	2010-2020	2020-2055
Таджикистан	BAU	9670	8800	8630	7046
	FSD			8853	8269
	ESA			8837	7712
Сурхандарья	BAU	1570	1400	4420	3387
	FSD			4446	3358
	ESA			4444	3323
Итого верхнее течение	BAU	11240	10200	13051	10433
	FSD			13299	11627
	ESA			13281	11035
Туркменистан: среднее течение	BAU	15560	13920	15727	14160
	FSD			15812	15924
	ESA			15793	15963
Узбекистан: среднее течение	BAU	8970	8190	9622	8683
	FSD			9629	8739
	ESA			9624	8661
Итого среднее течение	BAU	24530	22110	25349	22843
	FSD			25441	24662
	ESA			25417	24625
Туркменистан: нижнее течение	BAU	6440	5810	5748	4757
	FSD			5878	5901
	ESA			5876	5723
Узбекистан: нижнее течение	BAU	13020	11650	11346	11317
	FSD			11382	11235
	ESA			11401	11065
Итого нижнее течение	BAU	19460	17460	17093	16074
	FSD			17260	17137
	ESA			17277	16788
ВСЕГО	BAU	55230	49770	55493	49350
	FSD			56000	53426
	ESA			55975	52447
ТАДЖИКИСТАН	BAU	9670	8800	8630	7046
	FSD			8853	8269
	ESA			8837	7712
ТУРКМЕНИСТАН	BAU	22000	19730	21475	18917
	FSD			21691	21825
	ESA			21668	21686
УЗБЕКИСТАН	BAU	23560	21240	25388	23387
	FSD			25457	23332
	ESA			25469	23049

2. Трансграничный водозабор

ЗП	Сценария	Лимит 2009-10	Лимит 2007-08	2010-2020	2020-2055
Таджикистан	BAU	9670	8800	8630	7046
	FSD			8853	8269
	ESA			8837	7712
Сурхандарья	BAU	1570	1400	1562	1355
	FSD			1573	1343
	ESA			1572	1329
Итого верхнее течение	BAU	11240	10200	10192	8401
	FSD			10425	9612
	ESA			10409	9041
Туркменистан: среднее течение	BAU	15560	13920	15627	14060
	FSD			15712	15824
	ESA			15693	15863
Узбекистан: среднее течение	BAU	8970	8190	9508	8531
	FSD			9520	8602
	ESA			9515	8519
Итого среднее течение	BAU	24530	22110	25135	22591
	FSD			25232	24426
	ESA			25207	24383
Туркменистан: нижнее течение	BAU	6440	5810	5748	4757
	FSD			5878	5901
	ESA			5876	5723
Узбекистан: нижнее течение	BAU	13020	11650	11346	11317
	FSD			11382	11235
	ESA			11401	11065
Итого нижнее течение	BAU	19460	17460	17093	16074
	FSD			17260	17137
	ESA			17277	16788
ВСЕГО	BAU	55230	49770	52421	47066
	FSD			52917	51175
	ESA			52893	50212
ТАДЖИКИСТАН	BAU	9670	8800	8630	7046
	FSD			8853	8269
	ESA			8837	7712
ТУРКМЕНИСТАН	BAU	22000	19730	21375	18817
	FSD			21591	21725
	ESA			21568	21586
УЗБЕКИСТАН	BAU	23560	21240	22416	21203
	FSD			22474	21181
	ESA			22487	20913