



# Аналитическая записка НИЦ МКВК

№ 8, январь 2025 г.

## Исследование альтернативных режимов работы Рогунской ГЭС

Автор: Сорокин А.Г.

Аналитическая записка подготовлена по результатам работ, выполненных в Региональном информационно-аналитическом центре НИЦ МКВК по теме 2.2 “Исследование альтернативных режимов работы водохранилищного гидроузла Рогунской ГЭС” плана работ НИЦ МКВК, выполняемого за счет средств госбюджета за 2024 год.

### Краткое резюме

Аналитическая записка содержит результаты анализа ранее выполненных работ по исследованию альтернативных режимов работы Рогунской ГЭС, а также анализа оценок и рекомендаций, изложенных в отчетах Группы управления проектами при президенте Республики Таджикистан “Проект Рогунской ГЭС” за 2023 год – оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ) и оценка воздействия на окружающую среду и социальную среду (ОВОСС).

Приводятся результаты моделирования альтернативных режимов работы Рогунской и Нурекской ГЭС, выполненные на моделях НИЦ МКВК – GAMS модели оптимизации работы ГЭС и имитации распределения водных ресурсов в бассейне реки Амударья, основанной на расчете руслового баланса участков рек и водного баланса водохранилищ.

Показано, что предложенные ОЭСВ, ОВОСС режимы совместной работы Рогунской и Нурекской

ГЭС не отвечают требованиям к расходам воды в нижнем бьефе Нурекской ГЭС в вегетацию, покрывающим существующие сегодня дефициты воды в маловодные годы, обеспеченностью стока выше 90 %.

Предложены режимы совместной работы Рогунской и Нурекской ГЭС, использующие потенциал многолетнего регулирования стока в водохранилище Рогунской ГЭС, покрывающие дефициты воды. Отдача Рогунской и Нурекской ГЭС рассчитана для различных вариантов обеспеченности стока маловодных лет ( $P=90\%$ ,  $P\geq 95\%$ ) и обеспеченности водозабора (полное соблюдение лимитов на водозабор, урезка лимита на 5, 10 %).

## 1. Введение

Цель работы – сравнить альтернативные варианты режимов работы Рогунской ГЭС, полученных по результатам предыдущих исследований и исследований, выполненных в рамках бюджетных работ НИЦ МКВК 2024 года, обосновать рекомендуемый вариант.

## 2. Задачи исследований

1. Проанализировать и сравнить режимы регулирования стока водохранилищами Рогунской и Нурекской ГЭС, представленные в “Генеральной схеме комплексного использования водных ресурсов реки Аму-Дарья, САО Гидропроект. 1971” и в “Уточненной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударья. Средазгипроводхлопок, Ташкент – 1983 г.”.

2. Проанализировать и представить рекомендуемый вариант режима из альтернатив, полученных в результате моделирования на комплексе ASBmm. Источник [Духовный В.А., Сорокин А.Г., 2007].

3. Проанализировать режим совместной эксплуатации Рогунской и Нурекской ГЭС – оптимизация в рамках исследований ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС [ОАХК “Барки Точик”, 2014 г.].

4. Проанализировать режим наполнения водохранилища Рогунской ГЭС 1-го (2018-2023) и 2-го (2023-2032) этапов строительства – по графикам фактической и ожидаемой выработки электроэнергии. Источник данных по выработке электроэнергии: [ОВОСС, 2023].

5. Проанализировать три альтернативных режима (схемы) регулирования стока реки Вахш

Актуальность работы обусловлена существующим разбросом оценок режимов работы Рогунской и Нурекской ГЭС для периода после ввода Рогунской ГЭС на проектную мощность (ориентировочно после 2036 года), отсутствием должной обоснованности рекомендуемых режимов.

водохранилищами Рогунской и Нурекской ГЭС на этапе после вывода Рогунской ГЭС на проектную мощность (после 2036 г.). Источник данных [ОЭСВ, 2023].

6. Смоделировать режимы работы Нурекской и Рогунской ГЭС на GAMS-моделях регулирования стока крупными водохранилищными гидроузлами с ГЭС – оптимистичный и пессимистичный сценарии (моделирование на GAMS Д. Сорокин).

7. Смоделировать энерго-ирригационные режимы регулирования стока водохранилищами Рогунской и Нурекской ГЭС для маловодного года, дать рекомендации по расчетным графикам пусков ниже Нурекской ГЭС, которые обеспечивают различную степень обеспечения установленных лимитов на водозабор в бассейне реки Амударья путем сработки, накопленных многолетним регулированием, запасов воды в Рогунском водохранилище (расчеты на моделях – Д. Сорокин),

Представить в виде сравнительной таблицы режимы Рогунской и Нурекской ГЭС, полученные в предыдущих исследованиях – в Схемах, сценариях ASBmm, и результаты моделирования, выполненного в рамках данной темы исследований бюджетных работ НИЦ МКВК.

## 3. Анализ результатов исследований

### 3.1. Сравнение показателей Рогунской и Нурекской ГЭС

В таблице 1 приводится сравнение показателей Рогунской и Нурекской ГЭС, из которого следует:

- При реализации варианта строительства Рогунской ГЭС с высотой плотины 335 м, полезный объем (регулирующая призма) водохранилища Рогунской ГЭС больше объема водохранилища Нурекской ГЭС на 5,8 км<sup>3</sup>.
- Коэффициент емкости (отношение полезного объема к среднемуголетнему стоку реки)

водохранилища Нурекской ГЭС оценивается всего в 0,2, а водохранилища Рогунской ГЭС в 0,5, что говорит о потенциале многолетнего регулирования только для водохранилища Рогунской ГЭС.

- Напор на Рогунской ГЭС больше напора на Нурекской ГЭС на 25 м.

Таблица 1. Показатели Рогунской (вариант плотины 335 м) и Нурекской ГЭС

Показатели	Рогун	Нурек	Разница
Высота плотины, м	335	300	35
Нормальный подпорный уровень – НПУ, м	1290	910	380
Объем воды при НПУ – $V_{нпу}$ , км <sup>3</sup>	13,3	10,5	2,8
Уровень мертвого объема – УМО, м	1185	857	
Объем воды при УМО – $V_{умо}$ , км <sup>3</sup>	3,0	6,0	-3,0
Полезный объем водохранилища – $V_{пол}$ , км <sup>3</sup>	<b>10,3</b>	<b>4,5</b>	<b>5,8</b>
Заилнение полезной емкости – $V_{заил}$ , км <sup>3</sup>	-	Около 1,0	
Напор на ГЭС, Н, м	<b>245</b>	<b>220</b>	<b>25</b>
Установленная мощность ГЭС – $N_{уст}$ , МВт	3600	3000	600
Средняя многолетняя выработка электроэнергии на ГЭС – Е, млрд кВт·ч	13	11	3

### 3.2. Нурек без Рогуна

В настоящее время в Таджикистане образовался устойчивый дефицит электроэнергии (3-3.5 млрд кВт·ч в зимний период). Режим Нурекской ГЭС снижает этот дефицит, накапливая воду в водохранилище в вегетацию и сбрасывая ее зимой.

Исследованы два возможных режима Нурекской ГЭС, построенных на модели GAMS-оптимизации, когда модель находила максимум по следующим целевым функциям:

- Производство электроэнергии в целом за год
- Производство электроэнергии в октябре-марте

Режим, рассчитанный по второй целевой функции, можно назвать энергетическим, по первой – энерго-ирригационным, поскольку он максимизирует выработку электроэнергии на Нурекской ГЭС, но при этом формирует вегетационные попуски, частично или полностью удовлетворяющий требованиям ниже расположенных территорий по зарегулированному стоку рек Вахш и Амударья.

Построение режимов работы Нурекской ГЭС и водохранилища заключается в выборе режима

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

который удовлетворяет цели планирования

$$F \rightarrow \max \dots (2)$$

и системе ограничений

$G_{i,t} = 0$ ,  $i = 1, n$  – балансовые уравнения, определяющие взаимосвязь объемов воды в водохранилище, притока и попусков

$P_{j,t} > 0$ ,  $j = 1, m$  – допустимые объёмы водохранилищ, допустимые расходы попусков из водохранилищ, ГЭС,

где:  $k, R$  – индекс и количество водохранилищ,

$i, j, n, m$  – индексы и количество ограничений,

$t, T$  – временной шаг и период расчета,

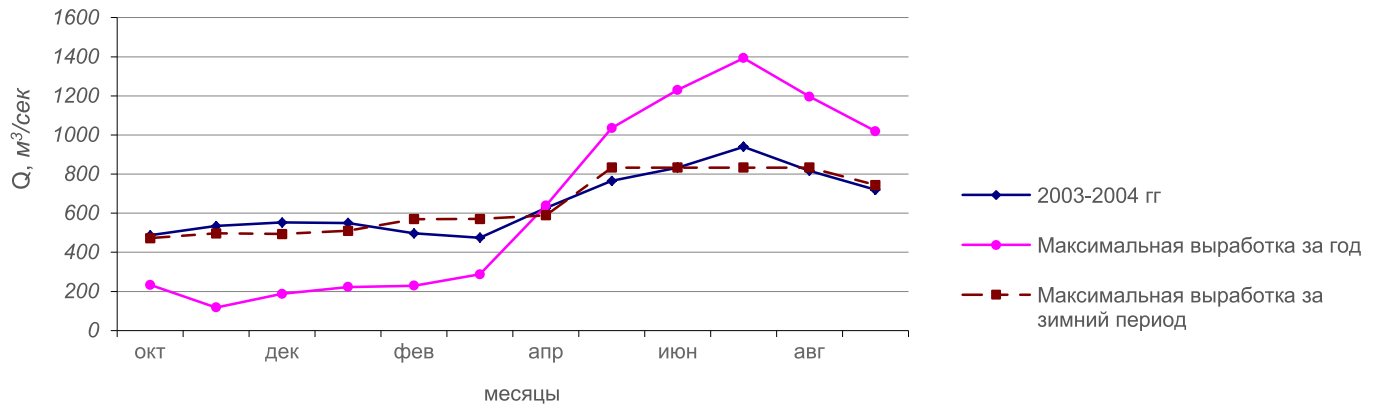
$U$  – зарегулированный сток,

$F$  – целевая функция, выбор которой зависит от принятого сценария (режима ГЭС)

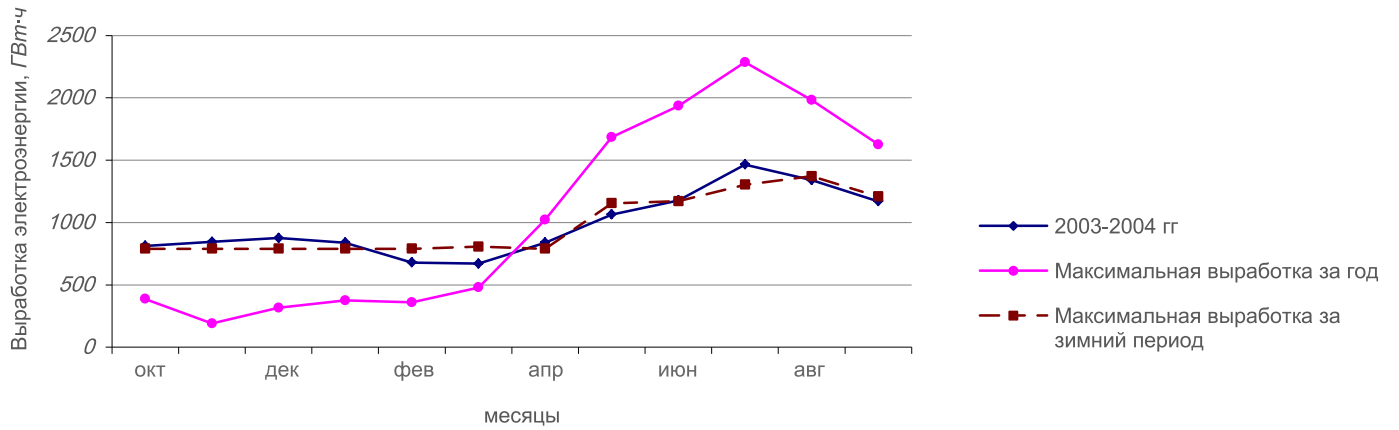
Ниже приведены графики, показывающие отличие режимов работы Нурекской ГЭС, полученных при оптимизации с целью максимальной выработки электроэнергии за зимний период и в целом за год.

Анализ кривых показывает, что расчетная кривая расходов ГЭС энергетического режима близка к фактическим расходам 2003-2004 гг. (выбранного для сравнения). Суммарная годовая выработка при режиме “максимизации зимней выработки” ниже, чем при режиме “максимизации годовой выработки”, близкой к ирригационному графику попусков.

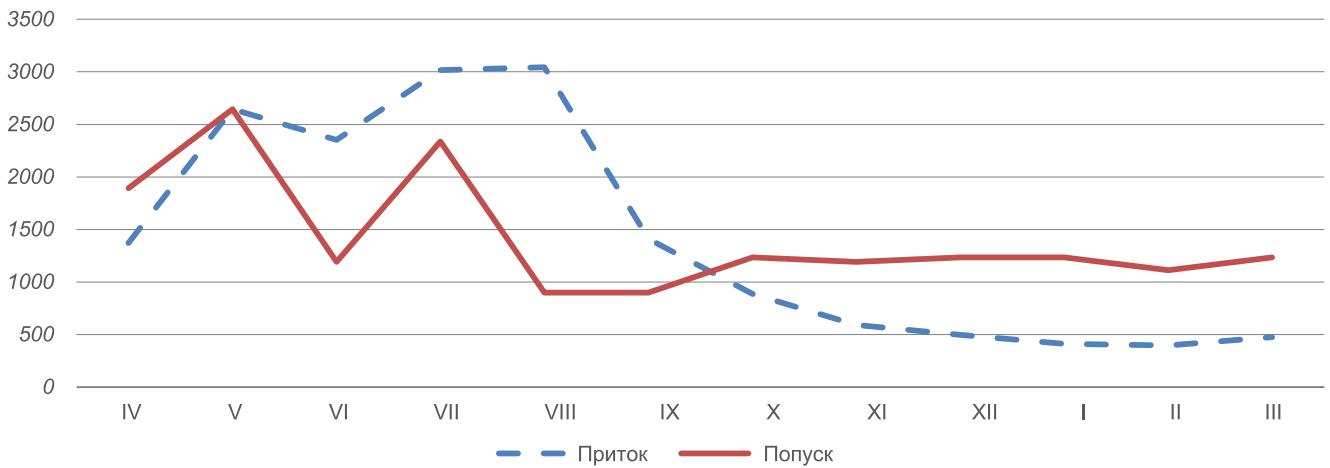
**Рисунок 1. Расходы Нурекской ГЭС при альтернативных режимах**



**Рисунок 2. Выработка Нурекской ГЭС при альтернативных режимах ее работы**



**Рисунок 3. Режим работы Нурекского водохранилища, млн м³. Источник: Генсхема КИВР Амударьи, 1971 г.**



## Вывод:

Режим Нурекской ГЭС, направленный на максимальную выработку электроэнергии в целом за год (1), формирует большие расходы воды в вегетационный период, чем режим (2), направленный на максимальную выработку электроэнергии в зимний период. Режим (1) формирует отдачу ГЭС, наилучшим образом покрывающую дефицит воды, а также создающий наибольший потенциал экспорта летней электроэнергии.

### 3.3. Наполнение водохранилища Рогунской ГЭС

В настоящее время водная поверхность водохранилища Рогунской ГЭС изменяется в течение года в пределах 10-25 км<sup>2</sup> в 2023 г. и 10-30 км<sup>2</sup> в 2024 г. (рис. 4, 5), что соответствует накопленному объему воды в водохранилище в объемах 0,4-0,5 км<sup>3</sup> при среднем уровне воды в 1100 м. Источник: данные НИЦ МКВК, полученные в результате обработки спутниковых снимков Sentinel по площади водной поверхности (Л.Сычугова), расчетные данные объемов воды по батиметрическим зависимостям.

В летние месяцы происходит наполнение водохранилища Рогунской ГЭС. Водоохранилище срабатывается с сентября до января, дополняя расходы на ГЭС с целью большей выработки электроэнергии в осенне-зимний период.

Приток к Нурекской ГЭС по реке Вахш до последнего времени учитывался измерениями на гидрометрическом посту Комсомолабад. Сегодня данный пост находится в зоне расположения Рогунского водохранилища. Из этого следует, что при-

В среднем, в вегетацию маловодных лет фактические расходы воды ниже Нурекской ГЭС оцениваются в 650 м<sup>3</sup>/с (изменяясь в пределах 600-680 м<sup>3</sup>/с), а расходы притока воды в водохранилище в вегетацию – в 950 м<sup>3</sup>/с (изменяясь в пределах 840-990 м<sup>3</sup>/с). Таким образом, в вегетацию маловодного года в Нурекском водохранилище энергетическим регулированием задерживается расход воды приблизительно в 300 м<sup>3</sup>/с.

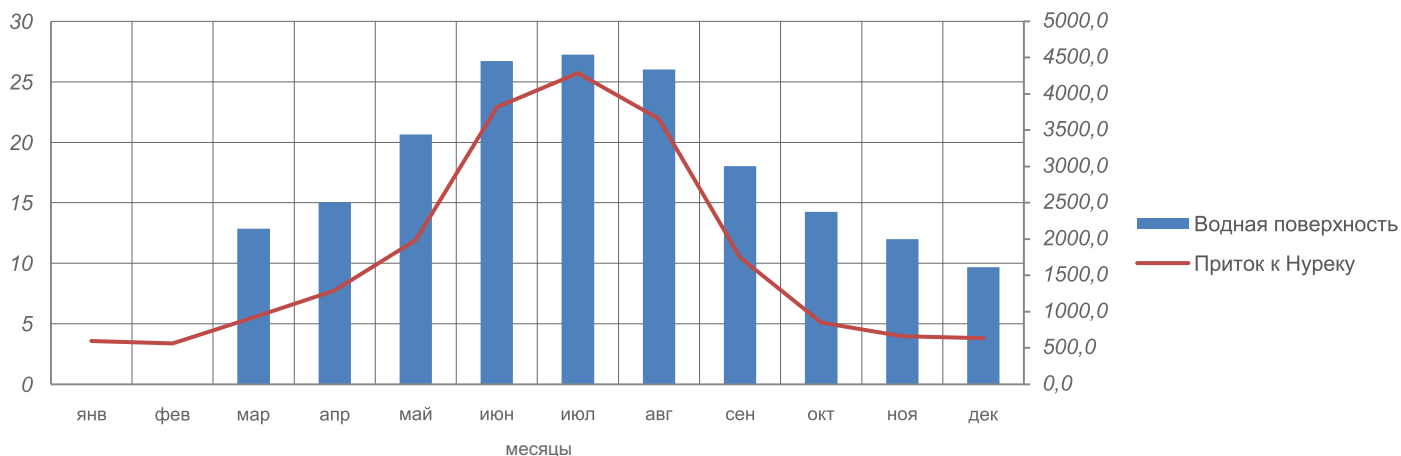
ток к Рогунской ГЭС, как и попуск из нее, будет определяться энергетической организацией, занимающейся эксплуатацией ГЭС.

Обновленная Оценка воздействия на окружающую и социальную среду Рогунской ГЭС (ОВОСС, 2023) предусматривает необходимость договариваться между прибрежными странами касательно наполнения Рогунской ГЭС.

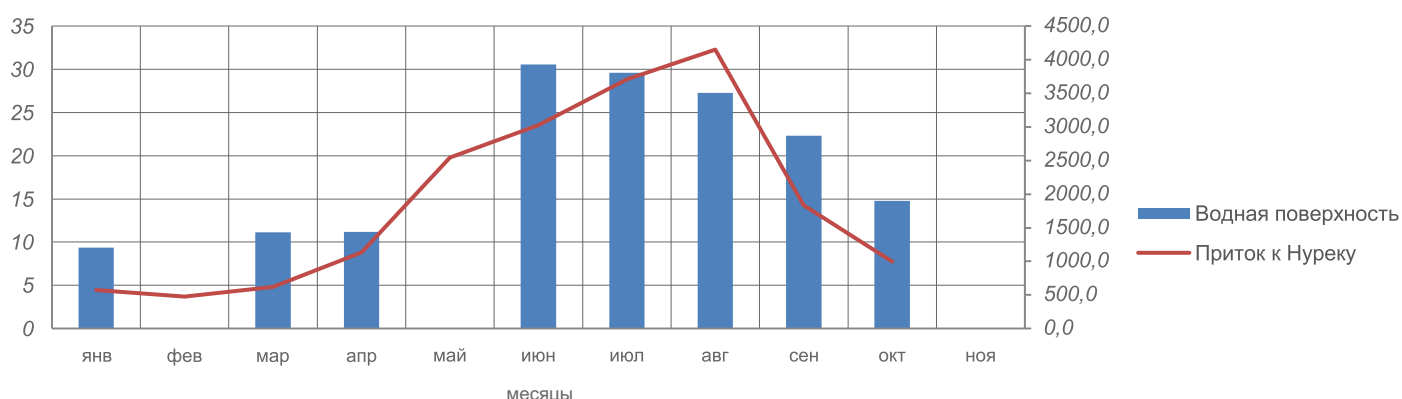
В ОВОСС отмечается, что с 2005 по 2011 г. Таджикистан не использовал в среднем 1,2 км<sup>3</sup> от своего лимита водозабора из бассейна реки (9,5 км<sup>3</sup> по Протоколу №566). На эту величину (1,2 км<sup>3</sup>) в год и предлагается в среднем наполнять водохранилище Рогунской ГЭС.

Однако после 2017 г. величина неиспользованного лимита Таджикистана уменьшилась и составила в среднем 0,55 км<sup>3</sup>, уменьшаясь в 2017-2018 гидрологическом году до 0,28 км<sup>3</sup>, в 2021-2022 до 0,37 км<sup>3</sup>, а в 2022-2023 до 0,23 км<sup>3</sup>.

Рисунок 4. Мониторинг динамики изменения площади водной поверхности Рогунского водохранилища (км<sup>2</sup>) за 2023 год



**Рисунок 5. Мониторинг динамики изменения площади водной поверхности Рогунского водохранилища (км<sup>2</sup>) за 2024 год**



**Таблица 2. Выработка электроэнергии на Рогунской ГЭС за период 2018-2022 гг.**  
Источник: ОВОСС, 2023

Год	2018	2019	2020	2021	2022
Выработка, млн кВт·ч	90	847	1300	1482	1654

Из источника ОАХК “Барки Точик”: “Решено, что заполнение водохранилища (Рогунского) будет проводиться только в рамках выделяемого лимита Таджикистану”.

Предполагается, что Рогунский гидроузел будет достроен в 2029 г., а полное заполнение (до отметки воды в 1290 м) – к 2036 г. В таблице 3 пока-

зана динамика ожидаемого наполнения водохранилища до 2036 г. по источнику [ОВОСС, 2023].

В том же отчете приводятся данные о планируемой выработке электроэнергии, начиная с 2024 г. Если по этим данным рассчитать объем наполнения водохранилища, то можно видеть, что водохранилище (при такой выработке) планируется наполнить не к 2036 г., а раньше – к 2032 г. (таблица 4).

**Таблица 3. Вариант наполнения водохранилища Рогунской ГЭС за период 2024-2036 гг.** Источник: [ОВОСС, 2023]

Год	2024	2027	2030	2033	2036
Уровень воды в водохранилище, м	1100	1185	1237	1269	1290
Объем воды в водохранилище, км <sup>3</sup>	0,47	3,0	6,67	10,3	13,3

**Таблица 4. Вариант наполнения водохранилища Рогунской ГЭС за период 2024-2032 гг., полученный при обработке данных выработки электроэнергии**  
Источник данных по выработке: [ОВОСС, 2023]

Года	2024	2027	2032
Уровень воды в водохранилище, м	1100	1185	1290
Объем воды в водохранилище, км <sup>3</sup>	0,47	3,0	13,3
Выработка электроэнергии на ГЭС, млн кВт·ч	1745	6436	14626

## Вывод:

Объем неиспользованного лимита в каналы Таджикистана за последние 7 лет не позволяет забирать воду для наполнения водохранилища Рогунской ГЭС в объеме 1,2 км<sup>3</sup>. Если Таджикистан будет наполнять водохранилище в объеме 1,2 км<sup>3</sup>, объемы водозабора в каналы, наблюдаемые в последние годы, необходимо будет уменьшить, чтобы в сумме с наполнением водохранилища они не превышали 9,5 км<sup>3</sup>.

### 3.4. Совместная эксплуатация Рогунской и Нурекской ГЭС

Возможные варианты совместной работы Рогунской и Нурекской ГЭС (*Источник: Отчет фазы II Исследований ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС, 2014*):

1. Регулирование в водохранилище Рогунской ГЭС, Нурекская ГЭС работает на притоке;
2. Регулирование в водохранилище Нурекской ГЭС, Рогунская ГЭС работает на притоке;
3. Оптимальная эксплуатация может быть промежуточной (не расшифровывается).

При первом и третьем вариантах совместной работы Рогунской и Нурекской ГЭС водохранилище Рогунской ГЭС может регулировать сток в многолетнем режиме, при втором варианте многолетнее регулирование не осуществимо.

Из отчета Группы управления проектами Рогунской ГЭС [*ОВОСС, 2023*]: “Таджикистан намерен эксплуатировать Рогунскую ГЭС таким образом, чтобы воздействие на режим стока ниже по течению от Нурекской плотины было минимальным. Это будет достигнуто путем перевода работы Нурекского водохранилища из водорегулирующего

При реализации варианта наполнения водохранилища до 2036 г., в среднем, водохранилище будет наполняться за год на 1,07 км<sup>3</sup>; максимальное наполнение будет осуществляться в 2028-2033 гг. – 1,22 км<sup>3</sup>. При реализации варианта наполнения водохранилища до 2032 г., в среднем, водохранилище планируется наполнять за год на 1,6 км<sup>3</sup>; максимальное наполнение будет осуществляться в 2028-2032 гг. – 2,06 км<sup>3</sup>.

в русловое (т.е. Нурекское водохранилище поддерживается на постоянном уровне)”.

Выполненная в 2023 г. Обновленная оценка экологического и социального воздействия [*ОЭСВ, 2023*] рассматривает три альтернативные схемы регулирования стока водохранилищами Рогунской и Нурекской ГЭС:

Схема 1 – энерго-ирригационный режим, поддерживающий режим ниже Нурекской ГЭС на современном уровне (рекомендуется);

Схема 2 – энергетический режим, предполагающий максимальную выработку электроэнергии в зимний период;

Схема 3 – энерго-ирригационный режим, удовлетворяющий всех потребителей и водопользователей (не исследован).

В тоже время, совместная работа Нурекской и Рогунской ГЭС должна полностью обеспечить потребности Таджикистана в электроэнергии и увеличить возможности экспорта электроэнергии. Рассматривается также вариант сохранения существующего режима потока (объем за годовой цикл) реки Вахш, что не исключает перераспределения летнего стока на зимний.

## Вывод:

Все рассматриваемые варианты (схемы), кроме Схемы 3, не могут обеспечить требования водохозяйственного комплекса стран по снижению дефицитов воды в маловодные годы в настоящее время, а тем более в перспективе, в условиях нарастающего дефицита воды, вызываемого климатическими изменениями и водозабором в Афганистан по каналу Коштепа.

Рекомендуемая Схема 1, при которой поддерживаются расходы воды ниже Нурекской ГЭС на

современном уровне, также не решает проблему дефицита воды, поскольку при существующих расходах ниже Нурекской ГЭС в вегетацию, в маловодные годы наблюдается дефицит воды. Схема 1 не предусматривает использование потенциала многолетнего режима регулирования стока водохранилищем Рогунской ГЭС, когда благодаря накопленного резерва воды в многоводные годы возможна сработка дополнительных целевых попусков ниже Нурекской ГЭС в вегетацию, снижающих дефицит воды.

Схема 3 может быть рекомендована в качестве основы обсуждения и обоснования режимов Рогунской и Нурекской ГЭС при ведении переговоров по разработке Соглашения, регламентирующего работу данных ГЭС после 2036 г., только в случае многолетнего регулирования стока в водохранилище Рогунской ГЭС.

В схемных проработках САО Гидропроекта 1971 водохранилище Рогунской ГЭС осуществляет годовое регулирование стока реки Вахш в двух вариантах:

- (а) в варианте с контррегулятором (где контррегулятор – новый водохранилищный гидрозел в верхнем течении Амударьи)
- (б) в варианте без контррегулятора.

В варианте (а) Рогунское и Нурекское водохранилища работают в энергетическом режиме ГЭС, наполняя в вегетацию маловодного года в Рогунском водохранилище 7,9 км<sup>3</sup> воды, а в Нурекском – 2,6 км<sup>3</sup> (вместе 9,5 км<sup>3</sup>!). Средний за вегетацию расход воды, выпускаемый из Рогунской ГЭС – 360 м<sup>3</sup>/с, из Нурекской ГЭС – всего 200 м<sup>3</sup>/с.

В варианте (б) Рогунское водохранилище работает в энергетическом режиме ГЭС (наполнение 7,9 км<sup>3</sup> воды, попуск 360 м<sup>3</sup>/с), а Нурекское – в ирригационно-энергетическом (сработка 3,5 км<sup>3</sup> воды, попуск – 580 м<sup>3</sup>/с).

Попуски из Нурекской ГЭС по варианту (б) на 20-60 м<sup>3</sup>/с меньше фактических попусков, наблюдаемых в особо маловодные годы (вегетация 2020 г. – 600 м<sup>3</sup>/с, вегетация 2000, 2001 гг. – 640 м<sup>3</sup>/с).

В схемных проработках Средазгипроводхлопка 1983 водохранилище Рогунской ГЭС осуществляет многолетнее регулирование, срабатывая в межвегетацию 4,55 км<sup>3</sup> воды. Как при этом работает Нурекская ГЭС не приводится. Но если взять за основу регулирование Нурекского водохранилища в маловодные годы по энерго-ирригационному режиму Нурекской ГЭС (по Генеральной схеме комплексного использования водных ресурсов реки Амударья 1971 г.), можно оценить средний за вегетацию расход воды в реке Вахш ниже Нурекской ГЭС; по оценке НИЦ МКВК он составляет 910 м<sup>3</sup>/с. Сравнение альтернативных режимов Рогунской и Нурекской ГЭС представлено в таблице 5.

**Таблица 5. Сравнение режимов Рогунской и Нурекской ГЭС для маловодного года в вегетацию по разным источникам:**

“эн” – энергетический режим, “ир” - ирригационный режим, “эн-ир” – энерго-ирригационный

Источник информации	Наполнение (+), сработка (-) водохранилища, км <sup>3</sup>		Расход ГЭС (м <sup>3</sup> /с) / Попуск (км <sup>3</sup> в вегетацию)	
	Рогун	Нурек	Рогун	Нурек
<i>Генсхема Амударьи, 1971:</i>				
<i>Годовое регулирование стока</i>				
(1) Вариант с контррегулятором	+ 7,9 эн	+ 2,6 эн	360 / 5,7	200 / 3,1
(2) Вариант без контррегулятора	+ 7,9 эн	- 3,5 ир	360 / 5,7	580 / 9,2
<i>Генсхема Амударьи, 1984:</i>				
<i>Многолетнее регулирование</i>				
Сработка запаса воды	- 4,55 ир	нет данных	нет данных	нет данных
<i>Расчеты на ASBmm, 2007</i>				
<i>Многолетнее регулирование</i>				
Вариант # 5	+ 1,8 эн	- 3,3 ир	600 / 9,5	810 / 12,8

*Возможные режимы эксплуатации Рогунской ГЭС после выхода ее на проектную мощность – попуск в вегетацию ниже Нурекской ГЭС:*

*Вариант 950 м<sup>3</sup>/с – соответствует попуску в 15 км<sup>3</sup>, что на 15 – 9,5 = 5,5 км<sup>3</sup> больше, чем при вегетационном попуске в маловодном 2020 г.*

*Вариант 860 м<sup>3</sup>/с – соответствует 13,6 км<sup>3</sup> воды за апрель-сентябрь (средний попуск Нурекской ГЭС за 2010-2023 гг.), что на 13,6 – 9,5 = 4,1 км<sup>3</sup> больше, чем при вегетационном попуске в маловодном 2020 году.*



Результаты оптимизации режимов работы Рогунской и Нурекской ГЭС на GAMS модели по притоку 2000-2001 гг :

▪ Энергетический режим (сценарий 1) предполагает наполнение в вегетацию водохранилища

Рогунской ГЭС на 3 км<sup>3</sup>, а наполнение водохранилища Нурекской ГЭС на 4,5 км<sup>3</sup>.

▪ Энерго-ирригационный режим (сценарий 2) предполагает сработку в вегетацию водохранилища Рогунской ГЭС на 3,5 км<sup>3</sup>, работу водохранилища Нурекской ГЭС на постоянном уровне (объеме).

### Сценарий 1

Водность реки Вахш: маловодный год (аналог 2000-2001)

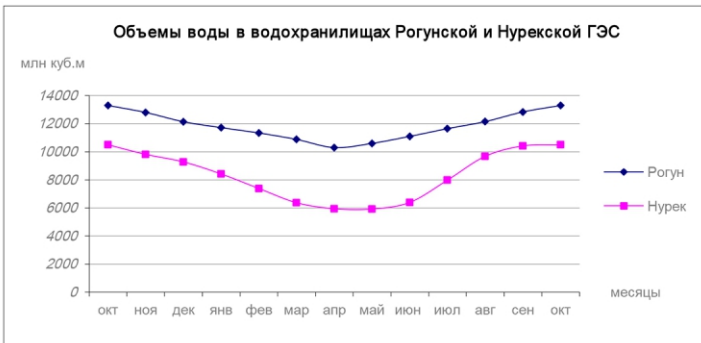
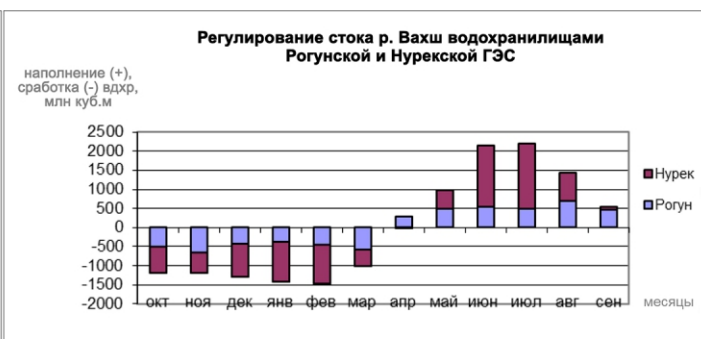
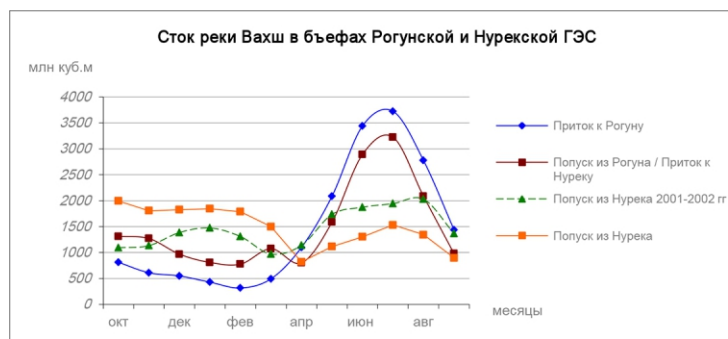
Высота плотины: **335 м**

НПУ 1290 м, Полный объем 13300 млн м<sup>3</sup>

УМО 1185 м, Мертвый объем 3000 млн м<sup>3</sup>

Режим: **энергетический** (максимум выработки электроэнергии зимой)

Параметр	Ед.изм	окт-мар	апр-сен	Год
Приток к Рогуну	км <sup>3</sup>	3,21	14,57	17,78
Попуск из Рогуна	км <sup>3</sup>	6,21	11,57	17,78
Приток к Нуреку	км <sup>3</sup>	6,21	11,57	17,78
Попуск из Нурека	км <sup>3</sup>	10,76	7,01	17,78
Наполнение вдхр	км <sup>3</sup>	0,00	7,55	7,55
Сработка вдхр	км <sup>3</sup>	7,55	0,00	7,55
<b>Дефицит воды</b>	км <sup>3</sup>	0,00	<b>15,0</b>	15,00



## Сценарий 2

Водность реки Вахш: маловодный год (аналог 2000-2001)

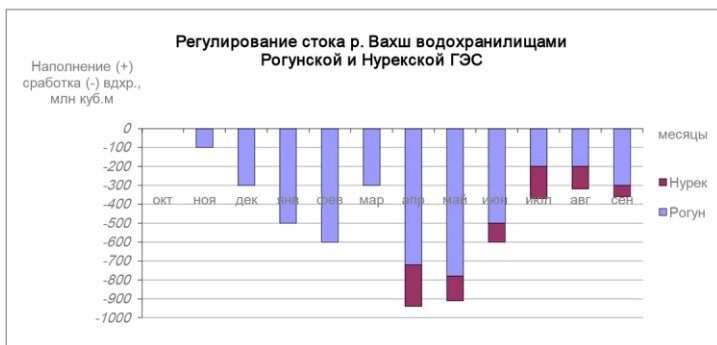
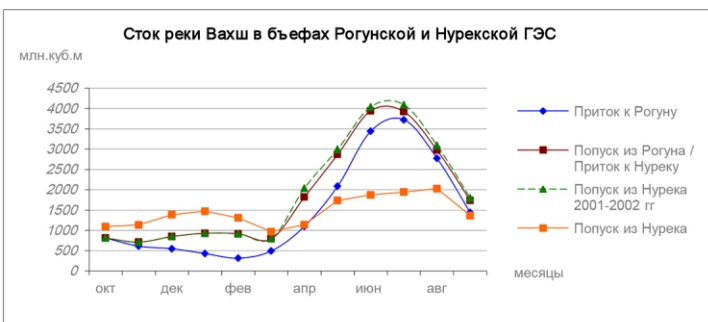
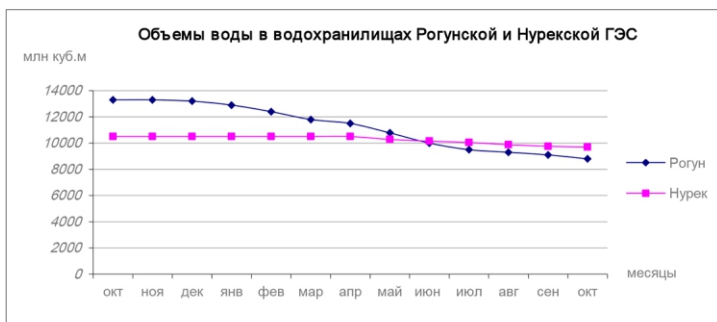
Высота плотины: **335 м**

НПУ 1290 м, Полный объем 13300 млн м<sup>3</sup>

УМО 1185 м, Мертвый объем 3000 млн м<sup>3</sup>

Режим: **ирригационно-энергетический**

Параметр	Ед.изм	окт-мар	апр-сен	Год
Приток к Рогуну	км <sup>3</sup>	3,21	14,57	17,78
Попуск из Рогуна	км <sup>3</sup>	5,01	17,27	22,28
Приток к Нуреку	км <sup>3</sup>	5,01	17,27	22,28
Попуск из Нурека	км <sup>3</sup>	5,01	17,27	22,28
Наполнение вдхр	км <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00
Сработка вдхр	км <sup>3</sup>	1,80	3,50	5,30
Дефицит воды	км <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00



## Вывод:

Поскольку ни один вариант регулирования (за исключением режима регулирования по «оптимистичному» сценарию, рассчитанному для маловодного года, аналог водности – 2000-2001 гг.) не соответствует современному спросу на расходы воды ниже Нурекской ГЭС в маловодные годы (обеспеченностью стока  $P \geq 90\%$ ), следует провести детальные исследования по уточнению режи-

мов работы Рогунской и Нурекской ГЭС, исходя из расчетного гидрографа попуска Нурекской ГЭС, полученного методом руслового баланса для различных вариантов водности ( $P = 90\%$ ,  $P \geq 95\%$ ) и обеспеченности водозабора в каналы бассейна Амударьи (100%, 95%, 90%); дать рекомендации по энерго-ирригационному режиму для различных случаев (новая задача).

## 3.5. Результаты моделирования по новой задаче

НИЦ МКВК выполнил исследование возможных вариантов регулирования стока водохранилищами Рогунской и Нурекской ГЭС по схеме 3 [ОЭСВ, 2023], где:

(1) определил для маловодного года (обеспеченностью  $P \geq 90\%$ ) балансовым методом необходимые для уменьшения (ликвидации) дефицитов воды расходы воды ниже Нурекской ГЭС в вегетационный период, (2) определил объемы многолетнего регулирования водохранилищем Рогунской ГЭС и годового (сезонного) регулирования водохранилищем Нурекской ГЭС, которые обес-

печивают формирование необходимых расходов воды ниже Нурекской ГЭС в вегетацию маловодных лет.

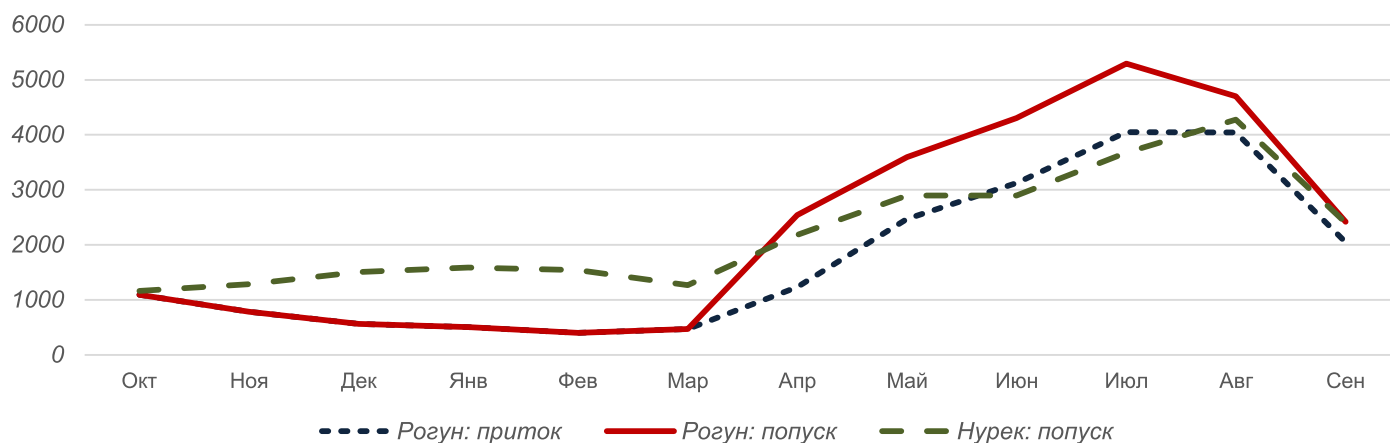
В качестве аналогов водности бассейна Амударьи (включая приток к Рогунскому водохранилищу) были выбраны: (1) для маловодного года обеспеченностью  $P = 90\%$  – 2019-2020 гг., (2) для маловодного года обеспеченностью  $P \geq 90\%$  – 2000-2001, 2007-2008, 2010-2011 гидрологические годы.

Основные результаты данных исследований представлены в таблице 6.

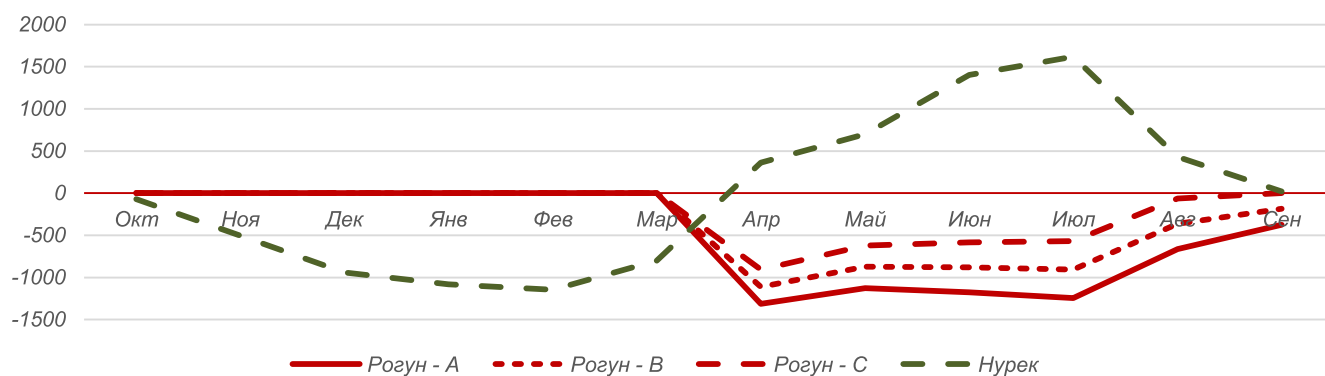
**Таблица 6. Сравнение альтернативных режимов Рогунской и Нурекской ГЭС в вегетационный период (апрель-сентябрь) для особо маловодного года, покрывающих дефицит воды на 100, 95 и 90%**

Источник информации	Наполнение (+), сработка (-) водохранилища (км <sup>3</sup> )		Расход (м <sup>3</sup> /с) ГЭС / попуск (км <sup>3</sup> ) за вегетацию	
	Рогун	Нурек	Рогун	Нурек
<b>Варианты НИЦ МКВК:</b>		<i>Многолетнее регулирование</i>		
1. Обеспеченность стока P = 90 %	- 3,0	+ 3,5	1230 / 20,0	1050 / 16,5
- урезка лимита 5%	- 1,5	+ 3,5	1170 / 18,5	950 / 15,0
- урезка лимита 10%	0	+ 3,5	1080 / 17,0	850 / 13,5
2. Обеспеченность стока P ≥ 95%	- 5,5	+ 3,5	1360 / 21,5	1150 / 18,0
- урезка лимита 5%	- 4,0	+ 3,5	1230 / 20,0	1050 / 16,5
- урезка лимита 10%	- 2,5	+ 3,5	1170 / 18,5	950 / 15,0

**Рисунок 6. Гидрографы стока реки Вахш в бьефах Рогунского и Нурекского водохранилищ, млн.м<sup>3</sup>. Полное покрытие дефицита воды попусками из запасов многолетнего регулирования. Маловодный год (водность 2010-2011 гг)**



**Рисунок 7. Наполнение (+) и сработка (-) Рогунского и Нурекского водохранилищ, млн.м<sup>3</sup>. Маловодный год (2010-2011 гг). Урезка лимита водозабора: А – без урезки, В – урезка 5%, С – урезка 10%**



В перспективе (уровень 2050 г.) водные ресурсы бассейна реки Амударья (главным образом летний сток) будут уменьшены под влиянием климатических изменений. Если будет реализован сценарий сокращения стока на 10%, то для покрытия нехватки воды (которая увеличит дефицит воды в маловодные годы), потребуется дополнительные расходы воды в вегетацию ниже Нурекской ГЭС в размере 125-150 м<sup>3</sup>/с. Чтобы обеспечить такие расходы необходимо уменьшить наполнение водохранилища Нурекской ГЭС в вегетацию на

## Вывод:

Режимы работы Рогунской и Нурекской ГЭС в маловодные годы могут ликвидировать существующие дефициты воды в случае многолетнего регулирования стока реки Вахш водохранилищем Рогунской ГЭС, предусматривающего сработку водохранилища в вегетационный период из созданных резервов воды в многоводные годы.

Сработка водохранилища Рогунской ГЭС в вегетацию маловодных лет в объеме 3 км<sup>3</sup> (в годы обеспеченности стока  $P = 90\%$ ) и 5,5 км<sup>3</sup> (в годы обеспеченности стока  $P \geq 95\%$ ) при наполнении водохранилища Нурекской ГЭС в вегетацию 3,3 км<sup>3</sup> обеспечивают покрытие дефицита воды на современном уровне использования водных

2-2,4 км<sup>3</sup>, для чего не сбрасывать к началу вегетации весь полезный объем воды.

Для покрытия дефицита воды, вызванного водозабором в Афганистан по каналу Коштепа, потребуются дополнительные расходы воды в вегетацию ниже Нурекской ГЭС в размере около 250 м<sup>3</sup>/с, что не представляется возможным из-за ограниченных объемов стока реки Вахш и объемов многолетнего регулирования водохранилищем Рогунской ГЭС.

ресурсов. При этом, ниже Нурекской ГЭС средние расходы воды в вегетацию не должны быть ниже 1050 м<sup>3</sup>/с (при  $P = 90\%$ ) и 1150 м<sup>3</sup>/с (при  $P \geq 95\%$ ).

В случае снижения данных расходов воды в вегетацию ниже Нурекской ГЭС в вегетационные периоды будут возникать дефициты воды, что потребует урезки лимитов на водозабор. При урезке лимитов на 5% расход воды ниже Нурекской ГЭС в вегетацию может быть снижен до 950 м<sup>3</sup>/с (при  $P = 90\%$ ) и 1050 м<sup>3</sup>/с (при  $P \geq 95\%$ ). При урезке лимитов на 10% расход воды ниже Нурекской ГЭС в вегетацию можно снизить до 850 м<sup>3</sup>/с и 950 м<sup>3</sup>/с соответственно.

## 4. Рекомендации

1. После ввода Рогунской ГЭС на проектную мощность совместный режим работы Рогунского и Нурекского гидроузлов должен формировать в маловодные годы попуски по реке Вахш ниже Нурекского гидроузла, позволяющие снизить или ликвидировать дефицит воды в бассейне реки Амударья. Попуски ниже Нурекского гидроузла в маловодные годы должны быть обеспечены созданием запасов воды в Рогунском водохранилище в многоводные годы, т.е. режимом многолетнего регулирования этого гидроузла.

2. Графики расхода воды в нижнем бьефе Нурекского гидроузла, которые должны снизить или ликвидировать дефицит воды в бассейне реки Амударья регулированием стока реки Вахш водохранилищами Рогунского и Нурекского гидроузлов, предлагается рассчитывать балансовым методом – составлением русловых балансов

реки Амударья для маловодных лет, учитывающих экологические попуски, по вариантам водности (обеспеченности стока) и вариантам урезки лимитов на водозабор.

3. Для ликвидации рисков энергетического зарегулирования стока реки Вахш Рогунским и Нурекским водохранилищами предлагается провести комплексные исследования с целью разработки практического механизма, позволяющего достигнутые договоренности по Соглашению реализовать в виде организационных процедур и правил многолетнего регулирования стока реки Вахш водохранилищем Рогунской ГЭС, включающих порядок создания резерва воды в водохранилище Рогунской ГЭС, целевых попусков ниже Нурекской ГЭС из созданных запасов в маловодные годы, порядок организации купли-продажи сопутствующей электроэнергии.

Таблица 7. Расходы воды ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с) в реке Вахш ниже Рогунской и Нурекской ГЭС, средние за вегетацию (апрель-сентябрь), для маловодных лет различной обеспеченности стока ( $P$ , %) и обеспеченности лимитов на водозабор в каналы стран бассейна реки Амударья ( $W$ , %)

Обеспеченность лимитов на водозабор, $W$ , %	Рогунская ГЭС – $Q$ , м <sup>3</sup> /с		Нурекская ГЭС – $Q$ , м <sup>3</sup> /с	
	$P = 90\%$	$P \geq 95\%$	$P = 90\%$	$P \geq 95\%$
$W = 100\%$	1230	1360	1050	1150
$W = 95\%$	1170	1230	950	1050
$W = 90\%$	1080	1170	850	950

## Использованная литература

1. Генеральная схема комплексного использования водных ресурсов реки Аму-Дарья, САО Гидропроект. 1971.
2. Уточненная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов реки Амударья. Средазгипроводхлопок, Ташкент – 1983.
3. Духовный В.А., Сорокин А.Г. Оценка влияния Рогунского водохранилища на водный режим реки Амударья. Ташкент, 2007.
4. ОАХК “Барки Точик”. Исследования ТЭО проекта строительства Рогунской ГЭС. Отчет фазы II: Окончательного варианта определения проекта. Том 3: Инженерия и проектирование. Глава 5: Исследования по моделированию эксплуатации водохранилища, 2014 год.
5. Группа реализации проектами. “Проект Рогунской ГЭС”. Обновленная оценка воздействия на окружающую среду и социальную среду (ОВОСС), Том 1. Октябрь 2023.
6. Отчет Группы управления проектами “Проект Рогунской ГЭС”. Оценка экологического и социального воздействия (ОЭСВ). Том II: Технические приложения – А05 Вода”, Октябрь 2023.