

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТАДЖИКИСТАНА. ЧАСТЬ 1. ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

*Халиков Х., Рахимов Ш.С., Курбонализода С.Ш.,
Гулахамадов А.А., Давлатшоев С.К.*

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

Аннотация: исследования и оценки уровня динамики развития водно-энергетического комплекса Таджикистана показали, что основной составляющей частью энергетики Таджикистана является гидроэнергетика. Гидроэнергетика, в отличие от других видов энергетики, не оказывает никакого негативного загрязняющего влияния на окружающую среду. При этом она существенно более дешевая, чем другие виды энергии. В статье рассматривается метод оценки энергоэффективности крупных рек Таджикистана с выбором створов для строительства наиболее новых эффективных ГЭС, которые могут быть полезными при разработке перспективной стратегии развития энергетики.

Ключевые слова: энергетические ресурсы, гидроэнергетика, энергоэффективность, крупные реки, створ, каскадное освоение, деривация, ранжированный ряд.

Гидроэнергетика занимает в Таджикистане 98% общей мощности. Динамика развития энергетики Таджикистана, в виде роста суммарной мощности энергосистемы, показана на рисунке 1 [1].

По потенциальным гидроэнергоресурсам Таджикистан (табл. 1) среди стран СНГ занимает второе место после России, в мире занимает восьмое место после Китая, России, США, Бразилии, Заира, Индии и Канады. По удельным запасам на душу населения – 87,8 тыс. кВт/ч на человека в год – 2-ое место в мире, а по удельным запасам на единицу территории – 3,62 млн. кВт/ч на 1 км² — 1-ое место в мире. В республике сосредоточено 54,2% потенциальных гидро-ресурсов Центральной Азии, при удельном весе территории в 11,2% [2, 3].

В процентном отношении, в пределах Таджикистана формируется приблизительно 55,4% общего стока бассейна Аральского моря, в Кыргызстане - 25,3%, в Узбекистане - 7,6%, в Казахстане - 3,9%, в Туркменистане - 2,4%, на территории Афганистана, Китая и Пакистана - 5,4% .

Общая величина потенциальных запасов гидроэнергоресурсов Таджикистана составляет 527,06 млрд. кВт/ч в год, из которых используется только 4-5%. Почти 50%, то есть более 280 млрд. кВт/ч в год, являются технически возможными и экономически эффективными для освоения, с учетом быстрого развития уровня техники и технологий.

Одним из самых существенных недостатков гидроэнергетики являются большие сроки реализации подготовительного цикла, включающего в себя изыскания, проектирование и строительство ГЭС. Как показывает опыт, общий цикл от принятия решения до пуска станции может растягиваться на 10-15 лет. В результате проекты становятся существенно менее эффективными.

В этих условиях важнейшим становится вопрос выбора приоритетных первоочередных решений для реализации ГЭС, имеющих самые высокие экономические показатели.

В нашей республике эта задача вполне реальна – в республике имеется более 80 уже обследованных створов, пригодных для строительства крупных ГЭС.

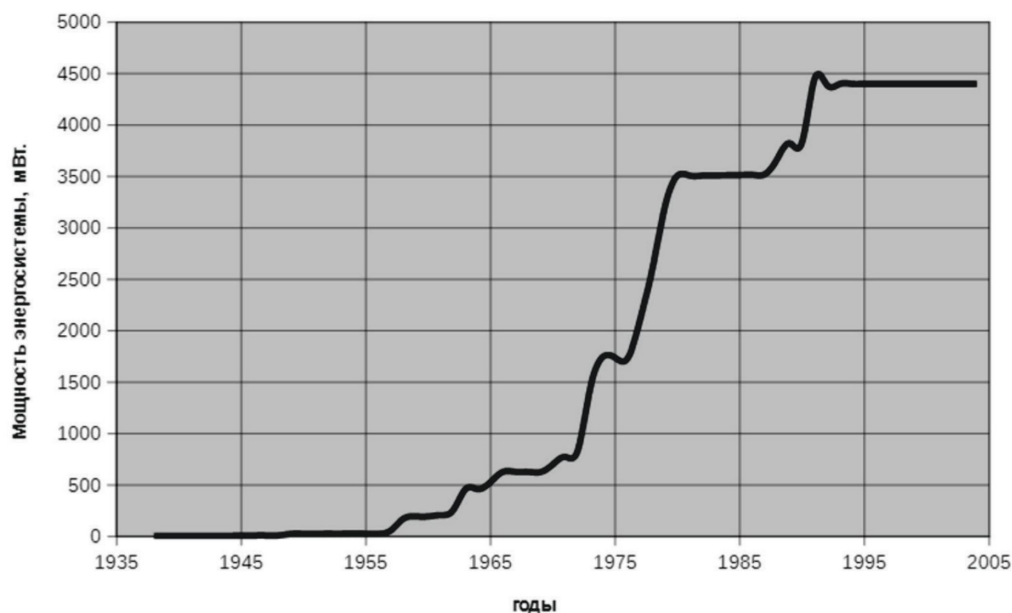


Рис. 1. Динамика развития энергетики Таджикистана

Таблица 1.

Потенциальные запасы гидроэнергоресурсов Таджикистана

Бассейны рек	Среднегодовая мощность, мВт.ч	Среднегодовая энергия, тВт.ч	Доля в общем объеме, %
Пяндж	14030	122,90	23,2
Гунд	2260	19,80	3,73
Бартанг	2969	26,01	4,93
Ванч	1191	10,34	1,96
Язгулом	845	7,40	1,39
Кызылсу	1087	9,52	1,78
Вахш	28670	251,15	48,00
Кофарнихон	4249	37,22	7,00
Оз. Кара-Куль	103	0,90	0,17
Сурхандарья	628	5,50	1,03
Зерафшан	3875	33,94	6,38
Сырдарья	260	2,28	0,43
Итого	60167	527,06	100,00

Источник: Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан [4]

С учетом того, что наиболее выгодным в долгосрочном плане является каскадное освоение гидроресурсов, эта задача подразделяется на выбор наиболее энергоэффективных рек и уже потом – наиболее перспективных объектов на них [5-7].

В качестве объектов исследований для промышленной энергетики были выбраны восемь наиболее крупных рек республики: Вахш, Зеравшан, Искандер-Дарья, Фан-Дарья, Ягноб, Сурхоб, Обихингоу, Кафирниган, энергетический потенциал, которых приведен на рисунке 2.

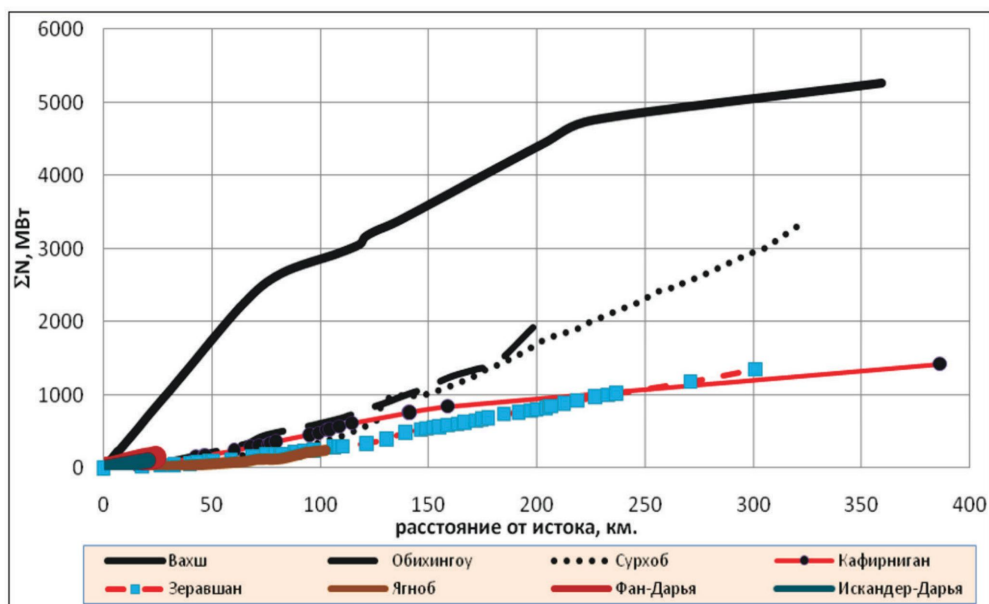


Рис. 2. Энергетический потенциал всех крупных рек

Территориальное расположение их в разных регионах республики не играет какой-либо существенной роли в отношении промышленного развития регионов центрального Таджикистана – где бы не была построена ГЭС, ее энергия может быть использована в любом другом районе. Это возможно, как уже сегодня, так и, особенно, в ближайшей перспективе, после завершения строительства ЛЭП-500 «Юг-Север».

Можно отметить, что рассматриваемые восемь рек очень существенно отличаются друг от друга по всем своим параметрам: высоты расположения, падения, длины от истока до устья, расходов и уклонов. Наилучшим общим энергетическим критерием для таких случаев может быть удельная мощность водотока – его мощность на единицу длины реки.

При одних и тех же параметрах деривационных ГЭС, наиболее предпочтительные в сегодняшних условиях, как с точки зрения энергоиспользования, так и экологии, это критерий определяющий мощность и выработку энергии ГЭС. Соответственно, стоимость ГЭС будет обратно пропорциональна ее энергоэффективности, если под последней понимать удельную мощность на единицу длины реки.

Что касается приплотинных ГЭС, то, на первый взгляд, удельная мощность на единицу длины реки не связана напрямую ни с мощностью ГЭС, ни с ее стоимостью. Но если учесть, что длина участка затопления реки обратно пропорциональна энергоэффективности реки, а площадь водохранилища, и соответственно, зоны затопления обратно пропорциональна квадрату энергоэффективности реки, то картина будет той же самой, что и в случае деривационных ГЭС.

Энергоэффективность рек определялась следующим образом. Для каждого выделенного участка реки определялась ее потенциальная энергетическая мощность, N :

$$N = 9.91\eta QH, \text{ где}$$

η - к.п.д. = 1.0 ; N – энергетическая мощность реки, МВт;

Q – средний расход реки на рассматриваемом участке, м³/сек;

H – напор (падение реки на рассматриваемом участке), м.

По полученным данным строились графики накопленных сумм мощности реки от истока до устья: $\Sigma N = f(L)$, который затем аппроксимировался полиномом “ n ”-й степени, обеспечивающим наибольшее приближение к фактической кривой (рис. 3.34). В качестве

критерия такого приближения принимался коэффициент детерминации R2.

Дифференцируя затем полученную вышеописанным способом линию тренда по «L», получаем необходимые значения энер-

гоэффективности реки по участкам: $df(L)/dL$.

Результаты таких расчетов показаны на рис. 3, и приведены в итоговой таблице 2.

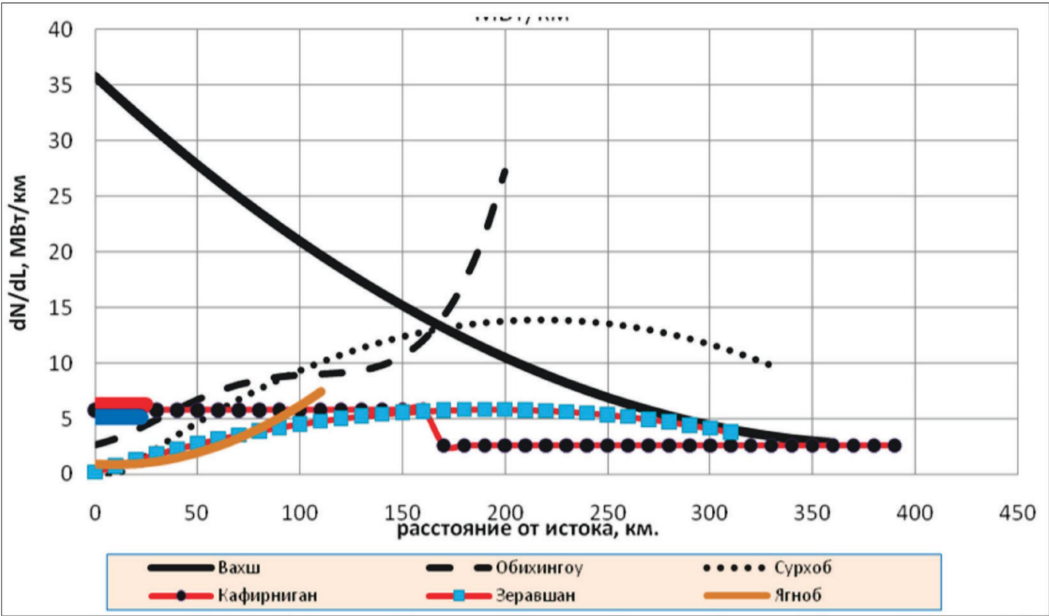


Рис. 3. Энергоэффективность крупных рек Таджикистана, dN/dL , МВт/км

По полученным выше данным, в таблице 2 приведены значения средней энергоэф-

фективности всех рассмотренных выше рек Таджикистана.

Таблица 2

Средняя энергоэффективность крупных рек Таджикистана

река	Вахш	Обихингоу	Сурхоб	Фан-Дарья	Искандер-Дарья	Зеравшан	Кафирниган	Ягноб
dN/dL , МВт/км	14.71	9.97	9.89	6.30	5.19	4.33	3.93	3.02

Видно, что наиболее энергоэффективным является река Вахш, она по значению мощности на единицу длины реки почти в 2 и более раза превосходит все остальные реки. За ней следуют, практически одинаковые по энергоэффективности Обихингоу и Сурхоб. Остальные реки существенно им уступают.

Если же рассматривать не всю реку целиком, а наиболее выгодные для гидроэнер-

гетики ее части, то после верхней половины Вахша, который уже освоен (Нурек) или осваивается (Рогун), на первом месте находится нижнее течение р. Обихингоу, затем нижняя часть р. Сурхоб, после них идут реки Фан-Дарья, Искандер-Дарья, верховье реки Кафирниган и низовья реки Зеравшан.

Ранжированный ряд всех исследованных рек показан в таблице 3.

Как уже отмечалось выше, энергоэффективность реки или ее участка, в конечном счете, заключается в возможности при одних и тех же технических решениях и типоразмерах ГЭС получить соответствующую мощность станции, то есть прямо определяет затраты на строительство и экономическую эффективность проектов ГЭС.

Полученные данные дают возможность выполнить сравнительный анализ стоимости ГЭС, как функции энергоэффективности реки.

Примем для 2-х ГЭС строящихся на двух участках рек с разной энергоэффективностью:

$$\mathcal{E}_1/\mathcal{E}_2 = \kappa$$

Пусть при этом длины этих двух участков рек, энергопотенциал которых осваивается обеими ГЭС будут равны.

В таком случае затраты на строительные сооружения у них будут одни и те же, а мощности этих ГЭС и стоимость их оборудования будут прямо пропорциональны их энергоэффективности:

$$N_1/N_2 = \kappa$$

$$P_1^{\text{оборуд}} / P_2^{\text{оборуд}} = \kappa$$

Имеем:

$$P_1 = P_1^{\text{оборуд}} + P_1^{\text{СМР}}$$

где: $P_1 = P_1^{\text{оборуд}} + P_1^{\text{СМР}}$ - общая стоимость, затраты, но оборудование и СМР для ГЭС №1.

Таблица 3

Энергоэффективность рек по участкам. Ранжированный ряд

Расстояние от истока	Реки
0÷25 км	р. Вахш
	р. Фан-Дарья
	р. Кафирниган
	р. Искандер-Дарья
	р. Обихингоу
	р. Ягноб
	р. Зеравшан
	р. Сурхоб
50÷100 км	р. Вахш
	р. Обихингоу
	р. Сурхоб
	р. Кафирниган
	р. Зеравшан
	р. Ягноб
100÷150 км	р. Вахш
	р. Сурхоб
	р. Обихингоу
	р. Кафирниган
150÷300 км	р. Зеравшан
	р. Обихингоу
	р. Сурхоб
	р. Вахш
	р. Зеравшан
	р. Кафирниган

Можно принять, что для любой ГЭС, так же как для уже построенных и строящихся ГЭС на р. Вахш затраты на оборудование составляют 30, а на строительные-монтажные работы – 70 процентов от общей стоимости ГЭС, т.е:

$$P_1^{\text{оборуд}} = \frac{0.3}{0.7} P_1^{\text{СМР}} = 0.429 P_1^{\text{СМР}}$$

Для ГЭС №2 аналогично будем иметь:

$$P_2 = P_2^{\text{оборуд}} + P_2^{\text{СМР}} = P_1^{\text{оборуд}} / k + P_1^{\text{СМР}}$$

Подставляя в полученные формулы значения $P_1^{\text{оборуд}}$, получим:

$$P_1 / P_2 = \frac{0.429 P_1^{\text{СМР}} + P_1^{\text{СМР}}}{0.429 P_1^{\text{СМР}} / k + P_1^{\text{СМР}}} = \frac{1.429}{1 + 0.429 / k}$$

То есть как общая стоимость ГЭС № 1 будет в:

$$\frac{1.429}{1 + 0.429 / k}$$

раз больше общей стоимости ГЭС № 2. Но:

$$P_i = p_i N_i$$

где:

p_i – удельная стоимость строительства ГЭС N i, окончательно будем иметь:

$$p_1 / p_2 = \frac{1.429}{k \left(1 + 0.429 / k \right)} = \frac{1.429}{(k + 0.429)}$$

Используя эту последнюю зависимость, в таблице 4 приведены расчеты среднего для всей реки удорожания строительства однопоточных ГЭС на разных реках по отношению к ГЭС на р. Вахш.

Таблица 4

Среднее удорожание строительства ГЭС на крупных реках Таджикистана по сравнению с р. Вахш

водоток	Река Вахш	Река Обихингоу	Река Сурхоб	Река Фан-Дарья	Река Искандер-Дарья	Река Зеравшан	Река Кафирниган	Река Ягноб
к	1	0.680	0.670	0.430	0.350	0.290	0.270	0.210
$p_1/p_{\text{Вахш}}$	1	1.290	1.300	1.670	1.830	1.980	2.050	2.250

Выводы

1. Исследования и оценка уровня динамики развития водно-энергетического комплекса Таджикистана показали, что основной составляющей частью энергетики Таджикистана является гидроэнергетика.
2. Анализ всех наиболее крупных рек Таджикистана показывает, что по энергоэффективности впереди находится р. Вахш, удельная мощность ее на единицу длины в 2 с лишним раза превышает этот показатель других рек. Следую-

щими по энергоэффективности после Вахша идут реки Обихингоу, Сурхоб, Фан-Дарья, Искандер-Дарья, Зеравшан, Кафирниган, Ягноб. При этом в каждой их всех этих рек есть участки, энергоэффективность которых в несколько раз превышает среднее значения по всей реке в целом. Именно они являются наиболее привлекательными в качестве приоритетных объектов для строительства ГЭС.

3. Предлагаемый метод оценки энергоэффективности крупных рек Таджикиста-

на с выбором створов для строительства наиболее новых эффективных ГЭС, может быть полезным при разработке перспективной стратегии развития энергетики.

Литература

1. Петров Г. Н. Энергетические проекты Таджикистана. Прошлое, настоящее и будущее. Центральная Азия и Кавказ. Журнал социально-политических исследований. "Central asia and Caucasus", 3, 2004. SWEDEN Rodhakegrand, 21, 97454, Lulea, 11 с. (https://www.researchgate.net/publication/334679952_Petrov_G_N_Energeticeskie_proekty_Tadzikistana_Prosloe_nastoasee_i_budusee).
2. Мухабатов Х.М. Природно-ресурсный потенциал горных регионов Таджикистана. - Москва, 1999. - 335 с.
3. Курбонов Н.Б., Набиев Ш.М., Курбонов Г.Б. Эколого-экономическая оценка альтернативных источников энергии Таджикистана при изменении климата // Материалы VI межд. конф. «Глобальные энергетические и экономические тренды». - Москва, Россия, 21 декабря 2018 г. – С. 161-169.
4. https://www.mewr.tj/?page_id=290.
5. Халиков, Х. Энергоэффективность крупных рек Таджикистана / Г.Н. Петров, Х. Халиков // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. - Душанбе, 2009. - №8. - Том 52. - С. 639-645.
6. Халиков, Х. «Энергоэффективность крупных рек Таджикистана» / Г.Н. Петров, Х. Халиков // Авторское свидетельство Республики Таджикистан на ИП №089ТJ от 10.03.2009г.
7. Халиков, Х. Энергоэффективность крупных рек Таджикистана / Х. Халиков, Г.Н. Петров, А. Ализода // Материалы XII Нумановских чтений «Состояние и перспективы развития органической химии в Республике Таджикистан». - Душанбе, 2016. - С.54-58.

ЗАХИРАҶОИ ЭНЕРГЕТИКИИ ТОҶИКИСТОН. КИСМИ 1. ЗАХИРАҶОИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКӢ

Анотатсия: таҳқиқот ва арзёбии сатҳи динамикаи рушди комплекси обӣ-энергетикии Тоҷикистон нишон дод, ки ҷузъи асосии соҳаи энергетикаи Тоҷикистон гидроэнергетика мебошад. Гидроэнергетика бар ҳилофи дигар намудҳои энергия ба муҳити зист таъсири манфӣ намерасонад. Дар баробари ин назар ба дигар намудҳои энергия ҳеле арзонтар аст. Дар мақола усули баҳодиҳии самаранокии энергетикӣ дарёҳои калон дар Тоҷикистон бо интихоби ҷойҳо барои сохтмони НБО-ҳои наватрин, ки метавонад дар таҳияи стратегияи дарозмуддати рушди энергетика муфид бошад, баррасӣ мешавад.

Калидвожаҳо: захираҳои энергетикӣ, гидроэнергетика, самаранокӣ энергетикӣ, дарёҳои калон, имтидод, аз худ кардани каскадӣ, дериватсия, силсилаи дараҷабандӣ.

ENERGY RESOURCES OF TAJIKISTAN PART 1. HYDROPOWER RESOURCES

Abstract: Studies and assessments of the level of dynamics of development of the water and energy complex of Tajikistan have shown that the main component of the energy sector in Tajikistan is hydropower. Hydropower, unlike other types of energy, does not have any negative impact on the environment. At the same time, it is significantly