

ГИДРОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
HYDROLOGICAL SCIENCES

DOI:10.26104/NNTIK.2023.38.28.004

Момуналиев Р.К., Абдулдаев М.С., Жолдошова Н.А.

**ТУРГЕН АКСУ ДАРЫЯСЫНЫН РЕЖИМИНИН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ
ЖАНА ГИДРОЭНЕРГЕТИКАЛЫК ПОТЕНЦИАЛЫ**

Момуналиев Р.К., Абдулдаев М.С., Жолдошова Н.А.

**ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА И ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ПОТЕНЦИАЛ РЕКИ ТУРГЕН АКСУ**

R. Momunaliev, M. Abduldaev, N. Zholdoshova

**FEATURES OF THE REGIME AND HYDROELECTRIC
POTENTIAL OF THE TURGEN AKSU RIVER**

УДК: 556:621.22

Бул эмгекте Ысык-Көл бассейнинин Аксуу районундагы Турген Аксу дарыясы тандалып алынган. Турген Аксу-Жыргалаң дарыясынын сол куймасы. Кыргыз Республикасынын Өзгөчө кырдаалдар министрлигине караштуу «Чоң-Ашу» метеорологиялык станциясынын 38 жылдык орточо байкоолорунун маалыматтары боюнча абанын температурасынын жана жаан-чачындын өзгөрүшү, ошондой эле жылуу жана муздак убакыт аралыгы жана алардын тренддери эсептелген. Турген Аксу дарыясынын орточо жылдык чыгымдарынын өтүп кеткен катарлары калыбына келтирилди, алдын ала графоаналитикалык метод боюнча дарыянын суусунун максималдуу чыгымдары эсептелди, ошондой эле суунун максималдуу жана орточо жылдык чыгымдарын дарыянын берилген камсыздалышынын аналитикалык ийри сызыгы эсептелди. Суунун максималдуу жана орточо жылдык чыгымдарын камсыз кылуунун зарыл болгон белгиленген P% эсеби жүргүзүлдү. Жердин рельефи, бийиктик белгилери изилденип, дарыялардын оозунан баштап башына чейинки эңкейиштери эсептелди. Турген Аксу дарыясынын гидроэнергетикалык потенциалын аныктоо үчүн дарыянын гидроэнергетикалык мүнөздөмөлөрүнө теориялык изилдөөлөр жүргүзүлгөн, чакан ГЭСтерди жайгаштыруу үчүн жайгаштыруу схемалары жана участктору аныкталган. Дарыянын дүң, техникалык жана экономикалык гидроэнергетикалык потенциалы аныкталды. Экономикалык гидроэнергетикалык потенциалы айлар боюнча, жылдын суук мезгилинде – ноябрдан апрелге чейин, жылуу мезгилде – майдан октябрга чейин жана жылдын 12 айында аныкталган.

Негизги сөздөр: аба, абанын температурасы, жаан-чачын, суунун агымы, суунун көлөмү, орточо жылдык, орточо айлык, орточо суткалык, бийиктик белгилери, гидроэнергетикалык потенциал, кубаттуулук, электр энергиясы.

В данной работе по изученности выбрана река Турген Аксу Аксуйского района Иссык-Кульского бассейна. Турген Аксу является левым притоком реки Джергалан. По данным среднегодовых наблюдений за период 38 лет метеорологической станции при МЧС КР «Чон-Ашу» рассчитаны ход изменения температуры воздуха и осадков, а также за теплый и холодный промежуток времени и их тренды. Восстановлены пропущенные ряды среднегодовых расходов реки Турген Аксу, рассчитаны по предварительным графоаналитическим методом максимальные расходы воды реки, а также вычислены аналитическая кривая заданной обеспеченности реки максимальных и среднегодовых расходов воды. Проведены расч

необходимых заданных P% обеспеченности максимальных и среднегодовых расходов воды. Изучен рельеф местности, высотные отметки, просчитаны уклоны по течению рек от устья до истоков. Для определения гидроэнергетического потенциала реки Турген Аксу были выполнены теоретические исследования гидроэнергетических характеристик реки, определены схемы размещения и участки для предполагаемого размещения малых ГЭС. Определены валовые, технические и экономические гидроэнергетические потенциалы реки. Экономические гидроэнергетические потенциалы реки, определены по месяцам, за холодный период года – с ноября по апрель месяц, за тёплый период – с мая по октябрь и за 12 месяцев года.

Ключевые слова: воздух, температура воздуха, осадки, расход воды, объем воды, среднегодовой, среднемесячный, среднесуточный, высотные отметки, гидроэнергетический потенциал, мощность, электричество.

In this work, the Turgen Aksu river of the Aksu district of the Issyk-Kul basin was selected according to the study. Turgen Aksu is a left tributary of the Jergalan River. According to the average annual observations for the period of 38 years of the meteorological station at the Ministry of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic "Chon-Ashu", the course of changes in air temperature and precipitation, as well as over a warm and cold period of time and their trends are calculated. The missed series of average annual expenditures of the Turgen Aksu river were restored, the maximum water expenditures of the river were calculated by the preliminary graphoanalytic method, and the analytical curve of the given river security of maximum and average annual water expenditures was calculated. The calculation of the required specified P% of the maximum and average annual water consumption is carried out. The terrain, elevation marks were studied, the slopes along the river flow from the mouth to the sources were calculated. To determine the hydroelectric potential of the Turgen Aksu river, theoretical studies of the hydroelectric characteristics of the river were carried out, placement schemes and sites for the proposed placement of small hydroelectric power plants were determined. The gross, technical and economic hydropower potentials of the river are determined. The economic hydropower potentials of the river are determined by month, for the cold period of the year – from November to April, for the warm period – from May to October and for 12 months of the year.

Key words: air, air temperature, precipitation, water consumption, water volume, average annual, average monthly, average daily, altitude, hydropower potential, power, electricity.

Введение. Постоянный дисбаланс на рынке энергоресурсов ведёт не только к снижению эффективности отраслей реального сектора, но и к возникновению и усилению очагов социальной напряженности в обществе. Поэтому насыщение внутреннего рынка качественными топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) по приемлемым ценам, ныне имеет огромное значение, как в экономическом, так и в социально-политическом и экологическом аспектах. Решение вышеуказанных проблем требует комплексного подхода, основанного на серьёзном анализе существующей ситуации в топливно-энергетическом комплексе, подкреплённого экономическими исследованиями, учитывающими потенциал топливно-энергетических ресурсов, ввод новых энергетических мощностей, прогноз потребности экономики страны в энергоносителях на среднесрочный и долгосрочный периоды с учётом социально-экономического развития страны в перспективе.

Малая гидроэнергетика является сектором экологически чистой возобновляемой энергетики, обеспечивает устойчивое локальное электроснабжение и, в отличие от крупных ГЭС, не представляет угрозы для местных экосистем. Не менее важным является то, что для строительства малых и микро-ГЭС тре-

буется гораздо меньше финансовых ресурсов, чем при сооружении крупных объектов гидроэнергетики.

Объект исследования. Река Турген Аксу, расположенный в Иссык-Кульской области Ак-Суйского района, восточнее г. Каракол относящиеся к Иссык-Кульскому бассейну, берет свое начало с северных склонов хребта Терской-Ала Тоо и протекает с перевала в долину. Река Турген Аксу является левым притоком реки Джергалан. Исток реки начинается с ледников, озер и из нескольких притоков на высоте 4572 м, по координатным сеткам 42,3204 и 78,9079, где имеются несколько пиков гор такие как Оттук высотой 4300 м, Таштанбектор-Башы высотой 4463 м. В бассейне реки Турген Аксу имеется крупный ледник Турген Аксу длиной 6,7 км., периметр 18,8 км², площадь 5,16 км², высота отметки от 3677 до 4572 км., н.у.м. по данным гляциологов Кыргызгидромет [6,11].

Устье реки находится на высоте приблизительно 2000 метров над уровнем моря. Гидропост реки Турген Аксу находится в пос. Лесозавод на высоте 2029 н.у.м., площадь водосбора реки составляет $F = 330 \text{ км}^2$. Длина реки составляет 45 км. Река Турген Аксу имеет несколько притоков главные из них реки: Жангыбайтор, Таштанбектор, Кок-Кыя, Арчалытор, Кудур, Каракурай и Тарганбулак.

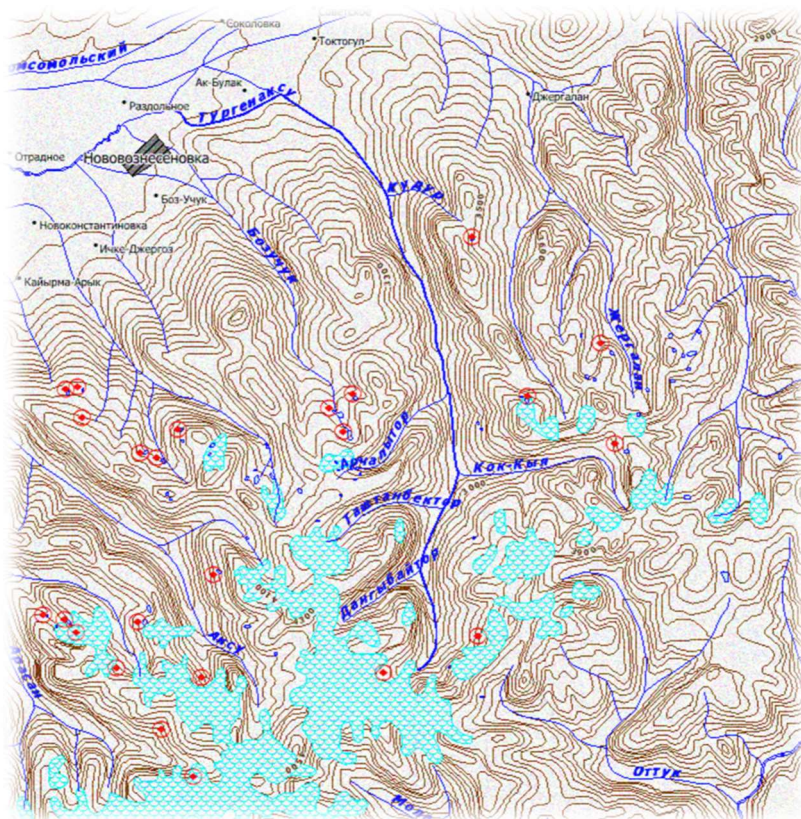


Рис. 1. Схематическая карта реки Турген Аксу.

По данным среднегодовых наблюдений за период 38 лет метеорологической станции при МЧС КР «Чон-Ашу» рассчитаны ход изменения температуры воздуха и осадков, а также за теплый и холодный промежутки времени. Восстановлены пропущенные ряды среднегодовых расходов реки Турген Аксу, рассчитаны по предварительным графоаналитическим методом максимальные расходы воды, также вычислены аналитическая кривая заданной обеспеченности реки максимальных и среднегодовых расходов воды. Рассчитан гидроэнергетический потенциал - Валовый, Технический и Экономический. Экономический потенциал рассчитан по среднемесячным данным за теплый и холодный периоды года.

Метеостанция Чон-Ашу находится на высотной отметке 2029 м и имеет достаточный ряд наблюдений за температурой воздуха и атмосферными осадками т.е. 37 лет. Так по данным метеостанции Чон-Ашу среднемесячная температура воздуха по расчету составил за январь месяц - 11,1 °С, за июль + 9,5 °С, за холодный период составил - 7,2 °С, и за теплый период + 6,2 °С. Осадки в январе за весь период времени средняя 16,2 мм, за июль 102,6 мм. Средняя за холодный период осадки составили 146,7 мм, в теплый период 455,0 мм. Самый жаркий год была в августе 1984 году составил + 12,7 °С, а самый холодный в январе 1996 года - 13,9 °С. Самый дождливый год 1981г 766,2 мм, а самый сухой 1997 год 323,5 мм [7].

Методы исследования. По метеорологическим наблюдениям метеостанции Чон-Ашу расчетным путем за период с 1968 по 2005 год, т.е. 37 лет наблюдений получено данные температуры воздуха - средняя годовая, за теплый и холодный периоды года, осадки - годовая сумма, количество за теплый и холодный промежутки времени.

По гидрологическому посту пос. Лесозавод реки Турген Аксу - были рассчитаны максимальные расходы воды с 1930 по 2005 гг. т.е. за 75 лет наблюдений, а также были восстановлены показатели ряда среднегодовых расходов воды методом гидрологической аналогии.

Вышеуказанная и другие схематические карты составлены на основе топографических планшетов: К-42-50, К-42-51 и К-42-62 [9] в системе Mapinfo 17.0 масштаба 1:100000. Графики вычислялись стандартной программой Microsoft Office Excel.

Для расчета гидроэнергетического потенциала были использованы характеристики стока реки в зоне формирования, т.е. неискаженного водохозяйственными мероприятиями. Известно, что мощность водного потока прямо пропорциональна произведению расхода воды на падение реки или уклона свободного уровня воды в реке.

Гидравлический уклон реки зависит от фазы режима стока, изменяясь в зависимости от сезонных

колебаний уровня воды. Поскольку подсчет гидроэнергетических ресурсов (ГЭР) проводился для средне-многолетних годовых величин стока, гидравлический уклон для горных рек принят постоянным и равным среднему продольному уклону дна реки на конкретном участке.

Для определения *экономического гидроэнергетического потенциала реки* были выбраны 2 участка в среднем течении для предполагаемой схемы размещения двух малых ГЭС «Турген-1, 2» (рис. 11).

Методика линейного учета ГЭР при наличии необходимых параметров реки (длина, уклон, расход воды) сводится к подсчетам по формуле:

$$N = 9.81Q + Q/2 \cdot \Delta H_i \quad (1)$$

где N - энергетическая мощность i -го участка реки, кВт;

Q_{cp} - среднегодовой расход воды за период наблюдений в начале и конце i -го уч., м³/с;

ΔH - разность высотных отметок между начальным и конечным створами i -го участка, м.

Энергетическая мощность реки по всей длине (N , кВт) определялась как суммарная мощность всех участков:

$$N = 9.81 \cdot \sum Q + Q/2 \cdot \Delta H_i \quad (2)$$

где n - количество выделенных участков по длине реки.

Годовая выработка электроэнергии (\mathcal{E} , кВт-час) рассчитывалась по формуле:

$$\mathcal{E} = 8760 \cdot N \quad (3)$$

Результаты. Для вычисления температур и осадков [13] изучаемого района были построены ход годовых изменений температур и осадков, так же за теплый и холодный периоды. Посчитана средняя температура и осадки за последние 37 лет. По расчету средняя годовая температура за весь период составил - 0,4 °С, максимальная температура + 10 °С, а минимальная температура воздуха - 1,9 °С.

Построены графики многолетнего хода среднегодовой температуры (рис. 2). Как видно из графики среднегодовая температура за 37 лет увеличилась на +1 °С.

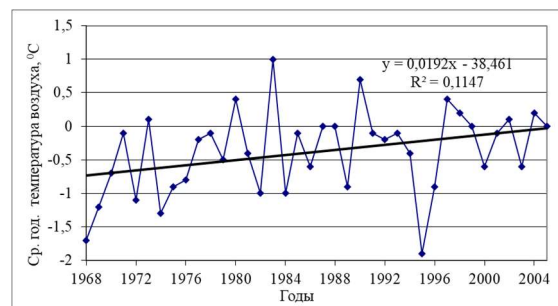


Рис. 2. Изменения средних годовых температур воздуха по МС Чон Ашу.

Многолетний ход сезонных температур за теплый и холодный период незначительное (рис. 3).

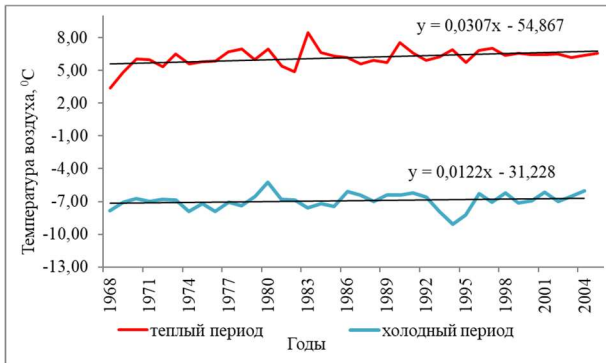


Рис. 3. Средние годовые температур за теплый и холодный период.

Годовая сумма осадков в изучаемом районе уменьшается, как видно ниже на графике (рис. 4) за 1969-2005гг., средняя количество осадков составил 593,5 мм, максимальная 766,2 мм, и минимальная 292,5 мм.

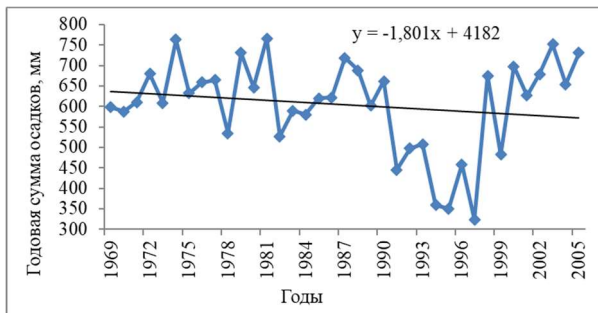


Рис. 4. Ход годовых сумм осадков по МС Чон Ашу.

Ход количество осадков за время наблюдения, за теплый и холодный периоды показаны на нижеследующем графике (рис. 5).

По графику можно сделать вывод о том, что осадки, выпавшие в теплый период года показывает сильные перепады, а в холодное время года пиковые показатели почти не наблюдается, т.е. равномерное.

Осадки холодного периода сравнительно с теплым периодом меньше. Осадки в этом промежутке времени, тренд за 37 лет наблюдения практически без изменения и стабильная и в среднем составляет около 7,0 мм.

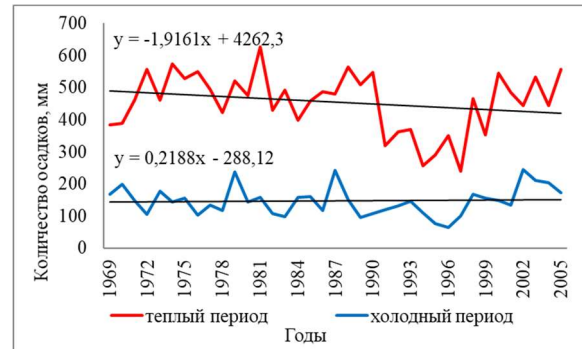
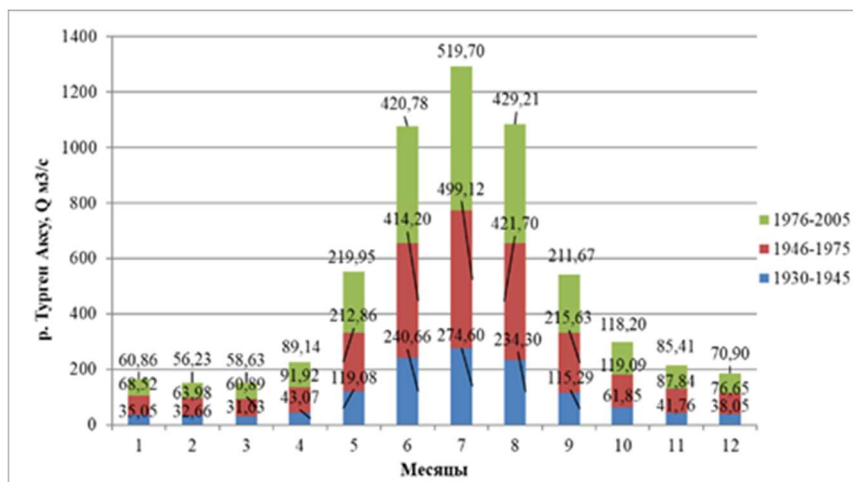
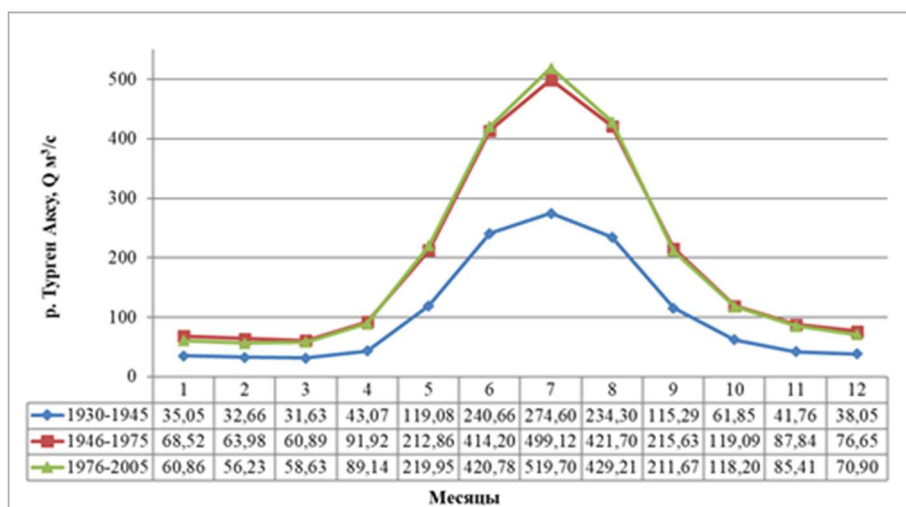


Рис. 5. Ход количество осадков за теплый и холодный периоды.

Для восстановления пропущенных пробелов хода среднегодовых расходов воды с 1930-2005 гг. за 74 лет наблюдений данных Кыргызгидромет, нами были восстановлены отсутствующий ход среднегодовых расходов воды с 2006-2014 годы методом гидрологической аналогии т.е. за 8 лет [1, 2]. Для восстановления пропущенных рядов, подобрана река аналог и были изучены, согласно нормативу СП 33-101-2003 г. [5,8], из рек Иссык-Кульской области согласно расчету парной корреляции выбрана река Джыр-галан. Длина ряда наблюдений реки 86 лет. **Режимы реки** Турген Аксу различают фазы: **половодье и межень**.



а)



б)

Рис. 6. Диаграмма многолетнего хода среднегодовых расходов воды за 30 лет каждый (а) и гидрограф (б) реки Турген Аксу.

Самый ранний половодья было 13 апреля 1952 и 1958 году, самый поздний начало половодья было 24 мая 1940 году [3,4,12]. Окончания половодья ранняя было зафиксирована 27 августа 1951 году, а поздняя 22 октября 1953 году.

Таблица 1

Основные характеристики реки Турген Аксу

Период наблюдений год, n	Длина реки, L, км	Средняя высота водосбора, Н _{ср} м	Площадь водосбора, F км ²	Средний уклон реки J _{ср} , ‰	Оледенение, %
75	45	3410	330	42	7,5

По данным максимальных и среднегодовых расходов были рассчитаны аналитические и эмпирические кривые для расчета заданной Р% обеспеченности воды. Так для максимальной расхода воды реки Турген Аксу составил n = 75 лет наблюдений с 1930 по 2005 г. Средний расход реки по максимальному стоку составил Q_{ср}=35,06 м³/с. На рисунке 7 видно многолетний ход максимального расхода воды реки Турген Аксу.

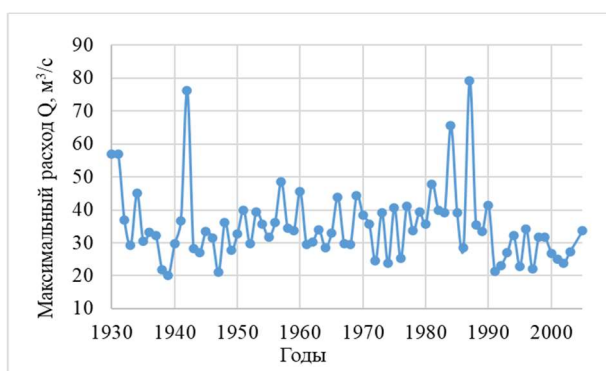


Рис. 7. Многолетний ход максимальных расходов воды реки Турген Аксу.

Максимальный расход реки за 75 летний период отмечена максимальный расход 1987 г. и составил 79.2 м³/с, который больше не повторялся, а самый минимальный среди максимальных расходов было 1939 г. 20 м³/с.

Для расчета максимальных расходов воды реки Турген Аксу предварительно произвели расчет графиков эмпирических и аналитических кривых для определения заданной Р% [5.8,12] обеспеченности расходов (рис. 8).

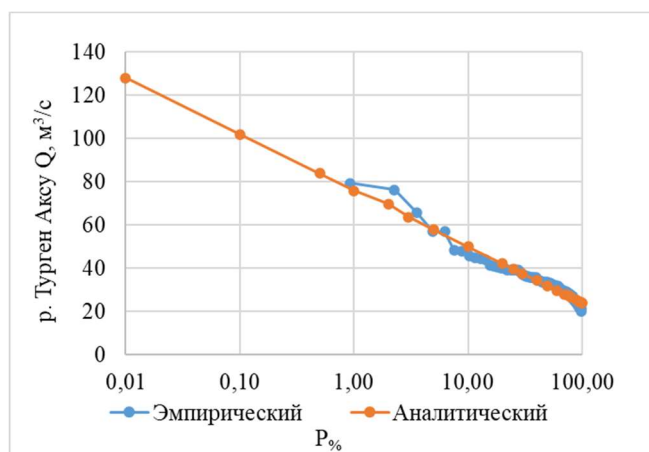


Рис. 8. Эмпирическая и аналитическая кривая максимального расхода P% обеспеченности.

Таблица 2

Параметры кривой распределения годового стока по графоаналитическому методу

Q _{5%}	Q _{50%}	Q _{95%}	S	C _s	Φ _{5%} -Φ _{95%}	Б	Φ _{50%}	Б* Φ _{50%}	C _v
58,04	31,74	24,41	0,56	2,0	2,95	11,4	0,31	3,534	0,32

Определяем параметры кривой обеспеченности и расчет коэффициента скошенности S по трем точкам Q_{5%}, Q_{50%}, Q_{95%} и расчеты проведены по формуле:

$$S = (Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}) / (Q_{5\%} - Q_{95\%}); \quad (4)$$

По коэффициенту скошенности определяется коэффициент асимметрии C_s, нормированные отклонения Φ_{5%}-Φ_{95%} и Φ_{50%} далее производится расчет среднего квадратического отклонения Б, норма расхода воды Q и коэффициент вариации C_v

Расходы воды Q_{5%} = 58,04 м³/с; Q_{50%} = 31,74 м³/с; Q_{95%} = 24,41 м³/с; S = 0,56.

Значения Φ_{5%}, Φ_{95%} также по Φ_{5%} - Φ_{95%} принимаются с таблицы Фостера.

$$S = 0,56; \quad \Phi_{5\%} = 2,0; \quad \Phi_{95\%} = -0,95; \\ C_s = 2,0; \quad \Phi_{50\%} = -0,31; \quad \Phi_{5\%} - \Phi_{95\%} = 2,95;$$

Вычисляем Б среднее квадратическое отклонение по формуле

$$Б = Q_{5\%} - Q_{95\%} / \Phi_{5\%} - \Phi_{95\%} = 11,4 \quad (5)$$

Вычисляем среднее значения по формуле Q_{ср}

$$Q_{ср} = Q_{50\%} - \Phi_{50\%} * \sigma = 35,27 \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

Вычисляем коэффициент вариации C_v

$$C_v = \sigma / Q_{ср} = 0,32 \quad (7)$$

Переходной коэффициент К находим по формуле:

$$К = \Phi * C_v + 1 \quad (8)$$

Весь ход вычисления параметров распределены графоаналитическим методом.

Таблица 3

Ординаты распределения P% максимального стока р. Турген Аксу

P%	0,01	0,1	0,5	1	2	3	5	10	20	25	30
Φ	8,21	5,91	4,30	3,60	3,06	2,51	2,00	1,30	0,61	0,39	0,20
К=ΦC _v +1	3,63	2,89	2,38	2,15	1,98	1,80	1,64	1,42	1,20	1,12	1,06
Q%=Q _{ср} *К	127,93	101,97	83,80	75,90	69,81	63,60	57,84	49,94	42,15	39,67	37,53
P%	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,9
Φ	-0,08	-0,31	-0,49	-0,64	-0,71	-0,78	-0,90	-0,95	-0,97	-0,99	-1,00
К=ΦC _v +1	0,97	0,90	0,84	0,80	0,77	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68	0,68
Q%=Q _{ср} *К	34,37	31,77	29,74	28,05	27,26	26,47	25,11	24,55	24,32	24,10	23,98

Определяем среднее квадратические ошибки [5,10,12] нормы максимального стока и коэффициента вариации для графоаналитического метода Б_Q где n – сумма лет наблюдений, C_v – коэффициент вариации.

$$\sigma_Q = \pm C_v \sqrt{n} * 100 = \pm 3.69\% \quad (9)$$

$$\sigma_Q = \pm \frac{\sqrt{3}}{2n*(3+C_v+C_v)} * 100 = \pm 6.51\% \quad (10)$$

Полученная ошибка для нормы стока 6,51% < 10% не противоречит.

Таблица 4

Основные данные среднегодовых рядов реки Турген Аксу

До восстановления								
Река – пункт наблюдений	Период наблюдений	Число лет наблюдений	Площадь водосб. км ²	Средневзв. высота, м	Уклон реки, средн. ‰	Высота гидропоста, м	Степень оледенения, %	Тип Питания реки
Турген-Аксу-пос. лесозавода	1930-2014	76	330	3410	42	2029	7,5	ледник-снеговое
Река аналог Джыргалан-с.Советское	1931-2014, 2017	85	250	2970	41	1965	1	Снегово-ледник.
После восстановления								
Река - пункт наблюдений	Период наблюдений	Период восстановления	Площадь водосб. км ²	Средневзв. высота, м	Уклон реки, средн. ‰		Степень оледенения, %	Тип питания реки
Турген-Аксу-пос. лесозавода	1930-2014	2006-2014	330	3410	42	2029	7.5	ледник-снеговое

По данным наблюдений среднегодовых расходов воды построен график ходов реки Турген Аксу за период 1930-2014 гг. (рис. 9).

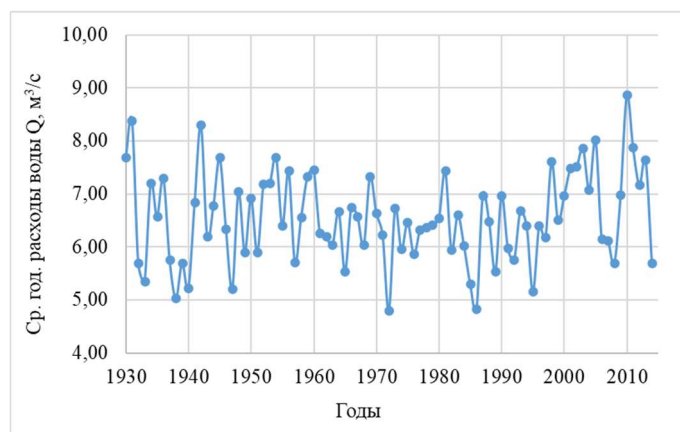


Рис. 9. Многолетний среднегодовой ход реки Турген Аксу.

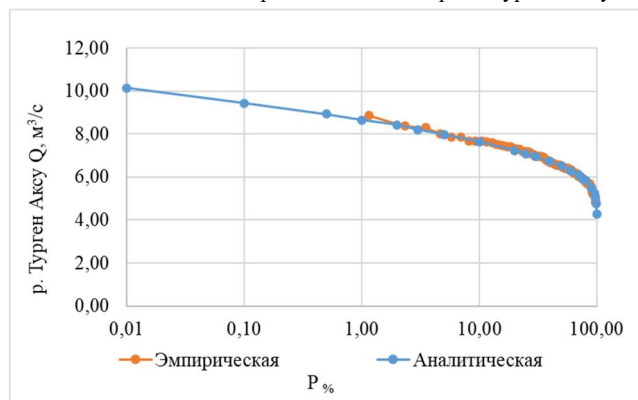


Рис. 10. Эмпирические и аналитические кривые среднегодовых расходов P% обеспеченности.

Построен график среднегодовых расходов воды реки Турген Аксу заданной $P\%$ обеспеченности, за 85 лет наблюдений, в котором максимальный расход наблюдался 2010 г. и составил $8,87 \text{ м}^3/\text{с}$, а в 1972 г. наблюдался минимальный расход воды составил $4,79 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для расчета среднегодовых расходов мы использовали метод моментов [1, 8, 12], посчитали коэффициент вариации $C_v=0.13$, коэффициент асим-

метрии $C_s = 0.26$ и средний многолетний расход воды составил $Q_{cp} = 6,56 \text{ м}^3/\text{с}$

Пользуясь полученными значениями C_v и C_s большей частью, вполне удовлетворительно согласуется с эмпирическими данными, рассчитываются расходы воды Q_{cp} с любой заданной обеспеченности. По C_s выписываем ординат кривой обеспеченности Φ для заданных $P\%$.

Таблица 5

Ординаты аналитической кривой распределения среднегодовых расходов р. Турген Аксу

$P\%$	0,01	0,1	0,5	1	2	3	5	10	20	25	30
Φ	4,29	3,44	2,85	2,51	2,25	1,98	1,71	1,31	0,82	0,64	0,48
$K=\Phi C_v+1$	1,55	1,44	1,36	1,32	1,29	1,25	1,22	1,17	1,11	1,08	1,06
$Q\%=Q_{cp}*K$	10,15	9,44	8,94	8,66	8,44	8,22	7,99	7,65	7,25	7,10	6,96
$P\%$	40	50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,9
Φ	0,21	-0,04	-0,29	-0,56	-0,70	-0,85	-1,24	-1,56	-1,77	-2,13	-2,73
$K=\Phi C_v+1$	1,03	0,99	0,96	0,93	0,91	0,89	0,84	0,80	0,77	0,73	0,65
$Q\%=Q_{cp}*K$	6,73	6,52	6,31	6,09	5,97	5,84	5,52	5,25	5,08	4,77	4,27

Определяем среднюю квадратическую ошибку- σ_Q нормы среднегодового стока [8] и коэффициент вариации, где n – сумма лет наблюдений, C_v – коэффициент вариации.

$$\sigma_Q = \pm C_v \sqrt{n} * 100 = \pm 1.41 \quad (11)$$

$$\sigma_Q = \pm \frac{\sqrt{3}}{2n*(3+C_v*C_v)} * 100 = \pm 7.65 \quad (12)$$

Полученная ошибка для нормы стока $1.41\% < 7.65\%$ не противоречит.

Определяем параметров валовой, технический и экономический потенциал реки [2] и производим расчет. Валовой гидроэнергетический потенциал определялся как потенциал выбранных участков рек от истока до устья или ирригационного водораздела.

$$E_v = 0,5 * Q_{cp} * \Delta H * 9,81 * 8760, \text{ кВт-ч/год} \quad (13)$$

где: Q_{cp} – средний годовой расход воды за период наблюдений, куб. м / с;

ΔH – разность высотных отметок от истока до устья реки, м.

Технический гидроэнергетический потенциал определялся как потенциал выбранных участков рек от 1700 до 2600м н.у.м. для Иссык-Кульского бассейна.

$$E_t = \sum 0,5 * (Q_{ni} + Q_{ki}) * \Delta H_i * 9,81 * 8760, \text{ кВт-год} \quad (14)$$

где: ΔH_i – разность высотных отметок начального и конечного i -го участка, м;

Q_{ni} , Q_{ki} – средний годовой расход воды в начале и конце i -го участка, $\text{м}^3/\text{с}$;

Экономический гидроэнергетический потенциал определялся как суммарный потенциал отдельных выбранных участков рек с разностью высотных отметок от 160 м до 300 м для зимнего и летнего периода расхода воды рек по нижеследующей формуле.

$$E_{\text{э}} = Q_g * H * g * \text{КПД} * \text{Ч}, \text{ кВт-ч} \quad (15)$$

где: Q_g – гарантированный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напор воды перед гидротурбиной, м;

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

$\text{КПД} = 0,8$ – коэффициент полезного действия.

Ч – количество часов номинальной работы МГЭС, по 600 часов в месяц.

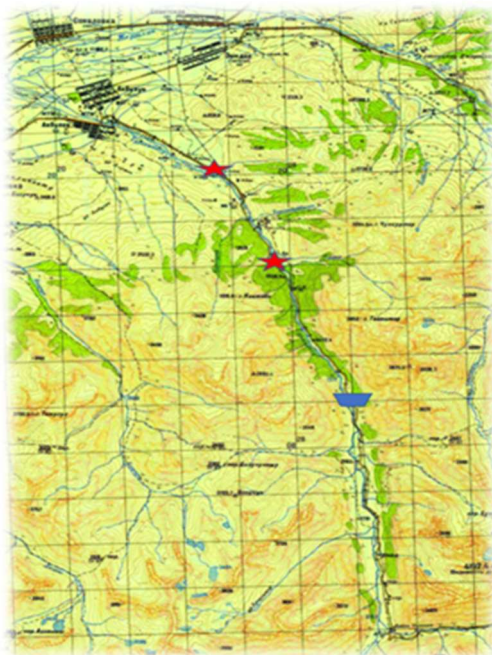


Рис. 11. Схематическая карта размещения малых ГЭС на реке Турген Аксу.

Таблица 6

Основные гидроэнергетические ресурсы МГЭС на р. Турген Аксу

Река, название	Гидроэнергетические потенциалы						Отношение энергии, %	
	Валовый		Технический		Экономический		Технической к валовой	Экономической к валовой
	Мощность, тыс. кВт	Энергия, млн. кВт-ч	Мощность, тыс. кВт	Энергия, млн. кВт-ч	Мощность, тыс. кВт	Энергия, млн. кВт-ч		
Турген Аксу	32,2	283	24,5	147	12	66	52	25

Результаты расчёта экономического гидроэнергетического потенциала по мощности и энергии рек в холодный период года – с ноября по апрель месяц и в тёплый период – с мая по октябрь месяц, приведены в таблице 7.

Таблица 7

Основные гидроэнергетические параметры малых ГЭС «Турген - 1, 2»

Наименование малой ГЭС	Расход воды, м ³ /с	Напор воды, м	Мощность, кВт	Работа ГЭС		Выработанная Энергия, квт-ч
				Месяцы	Часы	
Турген 1	2,4	100	1883	11;12;1;2;3;4	3600	6779000
	7,20	100	5650	5	600	3390000
	15,2	100	11929	6;7;8	1800	21472000
	5,5	100	4316	9;10	1200	5180 000
Итого	2,4-5,5	100	11929	1-12	7200	36821 000
Итого, сред	6,52	100	5122	1-12	7200	36879 000
Турген 2	1,92	100	1507	11;12;1;2;3;4	3600	5425 000
	5,76	100	4521	5	600	2712 000
	12,16	100	9543	6;7;8	1800	17178 000
	4,4	100	3453	9;10	1200	4144 000
Итого	4,6-12,1	100	9496	1-12	7200	29459 000
Итого, сред	5,22	100	4096	1-12	7200	29496 000
Всего						66000 000

Каскад из двух малых ГЭС «Турген-1,2» на притоках р. Турген Аксу может выработать в течение года по результатам предварительных расчётов около 66 млн. кВт-ч электроэнергии.

Выводы. Изучаемый участок сосредоточенным бурным течением, профиль реки такого вида называют равновесными, имеют вид вогнутый кривую более крутой в истоке и пологий ближе к устью такой тип характерен для всех рек Кыргызстана [7, 10].

Рассчитан тренд температуры и осадков по метеостанции Чон-Ашу, средняя сумма максимального значения теплой, холодной, сухой и дождливых месяцев за весь период наблюдений. Построены многолетние графики максимального и среднегодового ходов реки Турген Аксу, рассчитаны коэффициент вариации $C_V = 0.32$ и асимметрии $C_S = 2.0$ максимального и среднегодового расхода воды $C_V = 0.13$ и $C_S = 0.26$. Построен гидрограф реки и диаграмма, показывающий пики начало и конец фазы половодья, также таяние ледников. Проведены расчеты максимальных и среднегодовых расходов воды и их различные заданной вероятности $P\%$. Подсчитаны средняя квадратические ошибки нормы максимального стока и средняя квадратические ошибки нормы среднегодового стока.

На указанном участках реки возможно построить деривационные малые ГЭС с плотинными водозаборами (рис. 11). Каскад из двух малых ГЭС «Турген-1,2» может выработать в течение года около 66 млн. кВт-ч электроэнергии, что составляет 23,3% от валового гидроэнергетического потенциала, равного 283 млн. кВт-ч.

Экономически вероятность мощности – 12 тыс. кВт и электроэнергия - 66 млн. кВт/ч могут быть получены от предполагаемых малых ГЭС, размещаемых на реке Турген Аксу в Аксуйском районе.

Литература:

1. Бажанова Л. В. Оценка гидрологического мониторинга и восстановление стока рек методом парной корреляции / Л.В. Бажанова. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2018. – № 3. – С. 134-140. – EDN UZDYJY.
2. Водные и гидроэнергетические ресурсы Кыргызстана в условиях изменения климата. -Б.: 2022. - 400 с. ISBN 978-9967-12-932-0
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том XI. Кыргызская ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 450 с.
4. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы Кыргызстана на современном этапе. - Бишкек: Илим, 2006. - 276 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР Том 14 Средняя Азия выпуск 2 Бассейны оз. Иссык-Куль и рек Чу, Талас, Тарим. Л., Гидрометеиздат. 1973. - 309 с.
6. Романовский В. В., Маматканов Д. М., Кузьмиченко В. А., Подрезов О. Всё об озере Иссык-Куль. - Б., 2014. - 444 с.
7. Стрижанцева О. М., Момуналиев Р. К. Проявление климатических изменений в Таласском гидрологическом бассейне / О.М. Стрижанцева, Р.К. Момуналиев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2021. - №4. - С. 135-140.-DOI10.26104/NNТИК.2019.45.557.-EDN CBHVVV.
8. СП 33-101-2003г. Свод правил. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Одобрен для применения в качестве нормативного документа постановлением Госстроя России № 218 от 26 декабря 2003 г.
9. Топографические планшеты номенклатур К-43-60, К-43-72, К-43-84
10. Момуналиев Р.К. Основные топографические и гидрологические характеристики реки Джууку Иссык-Кульской области Кыргызской Республики / Р.К. Момуналиев / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2022. - № 9. - С. 36-42. - DOI 10.26104/NNТИК.2023.55. 17.008. - EDN CNBPNJ.
11. Аламанов С., Сакиев К., Ахмедов С. и др. Физическая география Кыргызстана.- Бишкек: Турат, 2013 - 588 с.
12. Основные гидрологические характеристики. Государственный водный кадастр. Том 14. Средняя Азия. Ленинград: Гидрометеиздат, 1979г. -298 с.
13. Государственный комитет по Метеорологии Кыргызской Республики, г. Бишкек.