

DOI: 10.26104/NNTIK.2022.91.19.009

*Ершова Н.В., Фролова Г.П., Момуналиев Р.К.***ТУРГЕН ДАРЫЯСЫНДАГЫ ЧАКАН ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯНЫ  
ДОЛБООРЛОО УЧУН ГИДРОЛОГИЯЛЫК НЕГИЗДЕМЕ***Ершова Н.В., Фролова Г.П., Момуналиев Р.К.***ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
МИНИ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА РЕКЕ ТУРГЕН***N. Ershova, G. Frolova, R. Momunaliyev***HYDROLOGICAL JUSTIFICATION FOR THE DESIGN OF A MINI  
HYDROELECTRIC POWER STATION ON THE TURGEN RIVER**

УДК: 556.048

Турген дарыясы Заил Ала-Тоонун мөңгүлөрүнөн башталып, анын төмөнкү агымында калк жыш жайгашкан өрөөн аркылуу агат. Турген дарыясынын суусу жергиликтүү калк тарабынан тарыхый жактан сугат үчүн пайдаланылган. Азыркы учурда кеме жүрүү үчүн пайдаланылбаган дарыяларда чакан жана микро ГЭСтерди куруу зарылчылыгы бар. Бул максатта Турген дарыясынын агымынын гидрологиялык жана энергетикалык мүнөздөмөлөрү суу алуучу зонанын чыга турган бөлүгүндө, өлчөөчү станциянын участогунда эсептелинип жана талданган. Гидрологиялык мүнөздөмөлөр орточо жылдык, максималдуу, минималдуу суунун агып чыгышы, агымдын жыл ичиндеги бөлүштүрүлүшү сыяктуу эсептелет. Өзүбүздүн картографиялык курулуштарыбызга таянып, байкоолор менен камтылбаган участоктор үчүн агындыларды эсептөө методологиясын колдонуу менен дарыянын эңкейиштери, суу агымы жана Турген дарыясынын узундугу боюнча энергетикалык потенциалы бааланат. Бардык мүнөздөмөлөр электр энергиясын өндүрүүдө суу ресурстарын пайдалануу үчүн зарыл.

**Негизги сөздөр:** дарыянын бассейни, өлчөөчү станция, суунун максималдуу агымы, суунун минималдуу, агын суулар, суу-энергетикалык ресурстар, дарыялар.

Река Турген начинается на ледниках Зайлийского Алатау, в своем нижнем течении протекает по густонаселенной долине. Воды реки Турген исторически используются местным населением для ирригации. В настоящее время возникла потребность в строительстве малых и микро-ГЭС на реках, не используемых для судоходства. Для этой цели рассчитаны и проанализированы гидрологические и энергетические характеристики стока реки Турген в замыкающем створе водосбора – на участке гидропоста. Рассчитаны такие гидрологические характеристики как среднегодовые, максимальные, минимальные расходы воды, внутригодовое распределение стока. Используя методику расчета стока для неохваченных наблюдениями створов, на основе собственных картографических построений, оценены уклоны реки, расходы воды и энергетический потенциал по длине реки Турген. Все характеристики необходимы для использования водных ресурсов при выработке электроэнергии.

**Ключевые слова:** бассейн реки, гидропост, максимальный расход воды, минимальный расход воды, стоки, водно-энергетические ресурсы, реки.

The Turgen River begins on the glaciers of the Zailiysky Alatau, in its lower zone it flows through a densely populated

valley. The waters of the Turgen River are historically used by the local population for irrigation. At present, there is a need for the construction of small and micro hydropower plants on rivers that are not used for navigation. For this purpose, the hydrological and energy characteristics of the Turgen River flow in the outlet section of the catchment area, at the site of the gauging station, were calculated and analyzed. Such hydrological characteristics as average annual, maximum, minimum water discharges, intra-annual flow distribution are calculated. Using the methodology for calculating the runoff for sites not covered by observations, based on our own cartographic constructions, the slopes of the river, water discharges and energy potential along the length of the Turgen River are estimated. All characteristics are necessary for the use of water resources in the generation of electricity.

**Key words:** river basin, hydropost, maximum water consumption, minimum water consumption, drains, water and energy resources, rivers.

Бассейн р. Турген расположен в восточной части северного склона Зайлийского Алатау. Зайлийский Алатау располагается на северной периферии Тянь-Шаня и имеет широтное расположение, простираясь вдоль 43<sup>0</sup> широты, и между 73<sup>0</sup> м 78<sup>0</sup> долгот (рис. 1). Общая протяженность хребта – 250 км, высшая его точка – пик Талгар, находящегося в центре восточной части хребта, достигает высоты 4970 м.

Бассейн р. Турген имеет площадь бассейна 614 км<sup>2</sup>, протяженность реки 45 км. Наивысшая точка бассейна 4487 м, самая низкая точка рассматриваемого бассейна – замыкающий створ на р. Турген, находится на высоте 1110 м над уровнем моря. Река Турген начинается на ледниках главного водораздела и является левым притоком реки Или, хотя из-за большой фильтрации в предгорной зоне и разбора воды на ирригацию она не доносит свои воды до реки Или.

Современным оледенением охвачена значительная площадь территории, расположенная выше 3800 м. В бассейне р. Турген ледники занимают 6,4% от площади бассейна. Общее количество ледников 34, площадь которых 39,5 км<sup>2</sup>, а объем льда 1,01 км<sup>3</sup> [1]. По классификации Шульца река принадлежит к рекам ледниково-снегового питания ( $\delta = 1,12 -$

показатель типа питания; показатель стока за период с июля по сентябрь в % от годового составляет 41%;

месяц с максимальным стоком – июль).

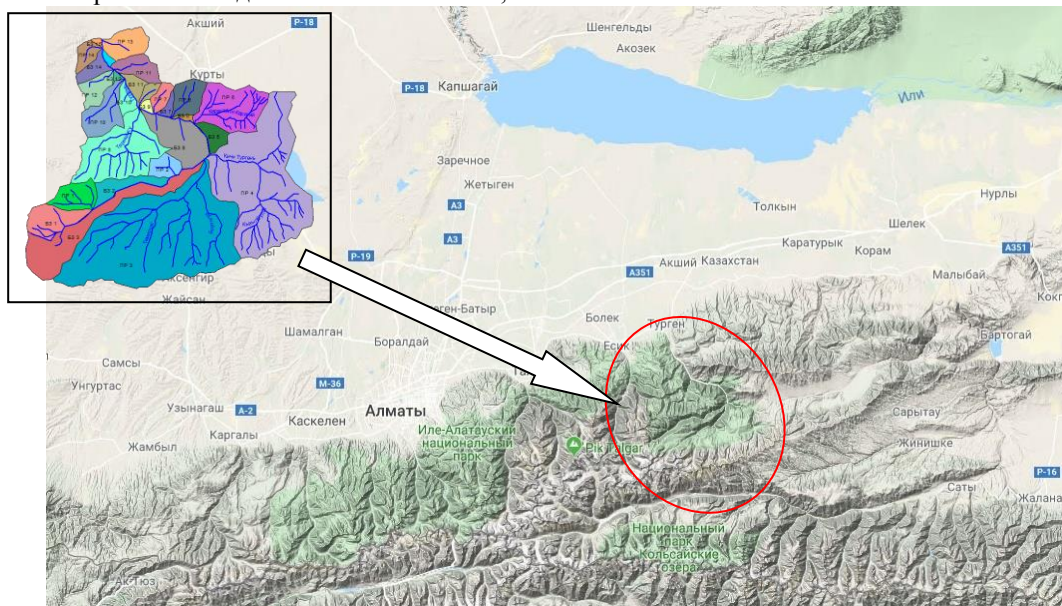


Рис. 1. Географическое положение реки Турген.

Воды реки Турген исторически используются местным населением для ирригации. В настоящее время, возникла потребность в строительстве малых и микро-ГЭС на реках, не используемых для судоходства.

Для изучения водного режима реки за исходные взяты данные гидрологического поста, расположенного в замыкающем створе водосборной площади: с. Таутургенъ. Расчет статических характеристик средних, максимальных и минимальных расходов выполнен по данным за период в 18 лет наблюдений (1981-1998 гг.). Хронологический ряд изменений средних расходов за этот период приведен на рисунке 2.

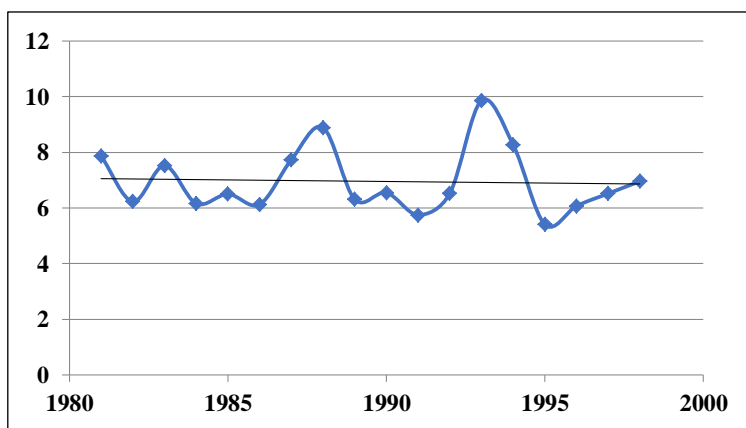


Рис. 2. Среднегодовые расходы р. Турген (1981-1998 гг.).

Разностная интегральная кривая представлена на рис. 3. По вертикальной шкале приведены значения  $K-1$  в нарастающем порядке, где  $K$  – модульный коэффициент:

$$K = \frac{Q_i}{Q_{cp}} \quad (1)$$

$Q_i$  – среднегодовой расход, м<sup>3</sup>/с

$Q_{cp}$  – средний расход за период наблюдений

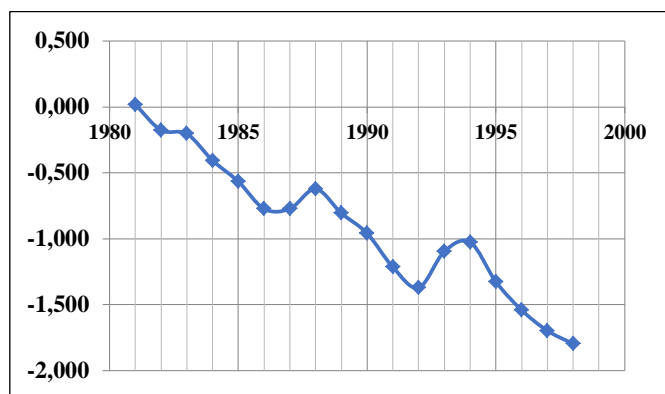


Рис. 3. Разностная интегральная кривая.

Анализируя рисунок 2 и рисунок 3, можно сказать, что за исследуемые годы расход воды в реке, в замыкающем створе, постепенно уменьшается, на что указывает линия тренда (рис. 2), а отрицательные значения модульных коэффициентов на разностной интегральной кривой показывают, что среднегодовые расходы практически всегда меньше среднеегодового расхода (рис. 3). И ряд наблюдений необходимо продолжить для выделения циклов водности реки.

**Методика расчетов [2]:** параметры аналитических кривых распределения –  $Q_{ср}$ ,  $C_v$  и  $C_s$  (или отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации –  $C_s/C_v$ ) определены по гидрометрическим рядам методом моментов. Гидрографические данные по рекам и результаты расчетов представлены в таблице 1. Кривые распределения среднего стока представлены на рисунке 4. Для анализа были рассчитаны аналитические кривые для различных коэффициентов асимметрии, с целью приблизить теоретические кривые к эмпирическим.

Таблица 1

Расчетные среднееголетние расходы воды

Река, пост	Площадь водосбора, $F$ , км <sup>2</sup>	Средне взв. высота, $H$ , м	Период наблюдений, лет	Средний расход, $Q$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	Расчетные расходы, м <sup>3</sup> /с с обеспеченностью			
							10%	50%	75%	90%
р. Тургень - с. Таутургень	614	2750	18	7,73	0,18	0,36	9,56	7,64	6,75	6,01

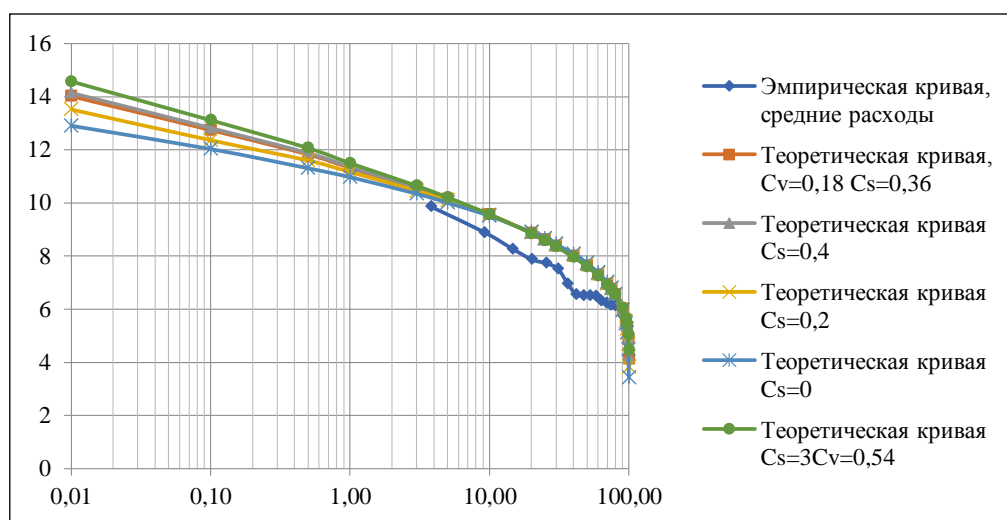


Рис. 4. Кривые обеспеченности средних расходов р. Турген.

Для дальнейших расчетов внутригодового стока выбраны соотношения  $C_s=2C_v$ . По численным данным разница в расходах воды при  $C_s=2C_v$  и минимальным  $C_s=0$ , составила не более 1%.

Для расчета статистических характеристик максимальных расходов была сделана попытка выполнить вычисления методов наибольшего правдоподобия, но соотношение полученных статистик  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  не позволило сделать расчет коэффициентов вариации по номограммам для их определения. Поэтому расчет сделан только по гидрометрическим рядам методом моментов. Результаты анализа максимальных расходов и выполненные расчеты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетные максимальные расходы воды

Река, пост	Период наблюдений лет	Наблюденные максим. расходы		Сред. макс. расход, м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Расчетные макс.расходы, м <sup>3</sup> /с обеспеченностью			
		м <sup>3</sup> /с	дата				1%	3%	5%	10%
р. Тургень – с. Таутургень	18	83,0	16.05.1987	47,24	0,41	0,82	103,49	89,62	82,96	73,19

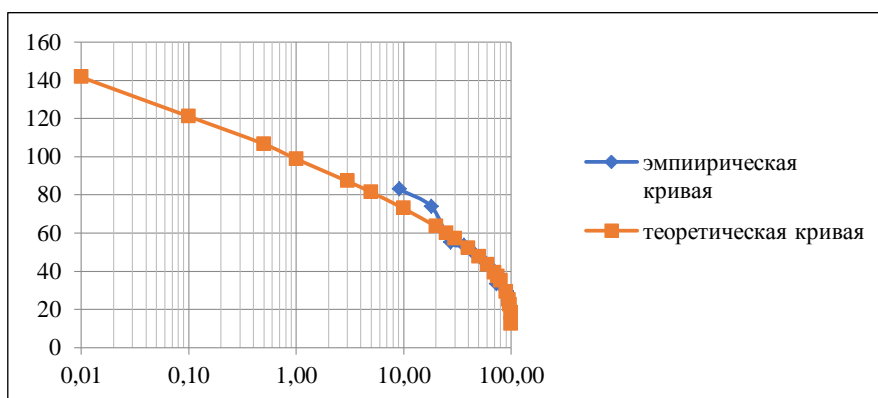


Рис. 5. Кривые обеспеченности максимальных расходов.

Параметры аналитических кривых распределения минимального стока определены по гидрометрическим рядам методом моментов. За исходные были приняты среднегодовые минимальные расходы. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расчетные минимальные расходы воды

Река, пост	Период наблюдений, лет	Наблюденные минимальные расходы		Сред. мин. м <sup>3</sup> /с	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Расчетные мин. расходы, м <sup>3</sup> /с обеспеченностью		
		м <sup>3</sup> /с	дата				80%	90%	95%
р. Тургень – с. Таутургень	18	1,40	19.02.1993	2,10	0,28	0,56	1,6	1,39	1,24

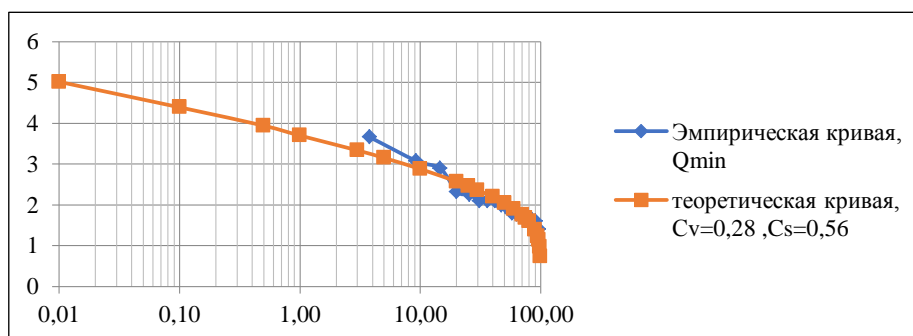


Рис. 6. Кривые обеспеченности минимальных расходов.

Для расчета внутригодового распределения стока выбран метод составления гидрологической модели по реальному году. Для расчета 75% обеспеченности выбран 1985-86 (совпадение по годовому стоку и лимитирующему периоду). Для расчета 95% обеспеченности выбран 1997-98 (совпадение по лимитирующему периоду и сезону) годы. За начало водохозяйственного года принят сентябрь месяц. Результаты расчетов приведены в таблице 4, на рисунках 7 и 8 представлены расчетные гидрографы стока.

Таблица 4

Расчет внутригодового стока

Месяц	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	год
1985-86 гг.													
Q <sub>расч 75%</sub>	6,49	4,18	3,28	2,94	2,51	2,26	2,22	4,21	8,90	12,50	18,21	13,26	80,97
1997-98 гг.													
Q <sub>расч 95%</sub>	4,76	3,21	2,62	2,28	2,01	1,66	1,40	2,01	7,16	13,38	14,55	12,14	67,18

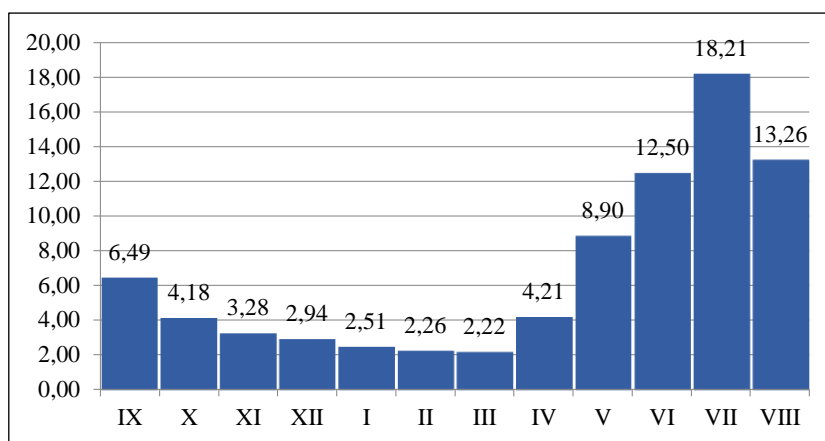


Рис. 7. Расчетный гидрограф стока р. Турген для года 75% обеспеченности.

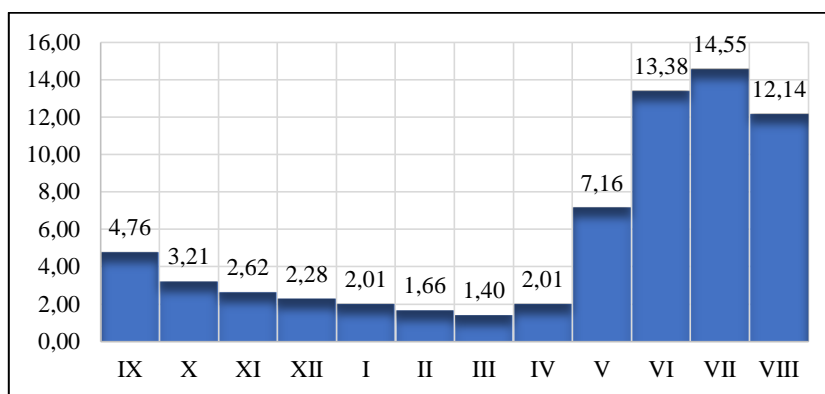


Рис. 8. Расчетный гидрограф стока р. Турген для года 95% обеспеченности.

В наиболее холодные месяцы – с ноября по апрель, суммарные расходы в реке больше для года 75% обеспеченности. Аналогично и в летние месяцы, они больше, чем для года 95%-ой обеспеченности. Для работы ГЭС наиболее важны расходы 95% обеспеченности. Объем воды по модели составляет 11,98 м<sup>3</sup>.

Потенциальные водноэнергетические ресурсы рассчитываются на основе картографических данных (площадь водосборов, средневзвешенная высота), и

модулей стока, значение которых зависит от средневзвешенной высоты.

Картографические данные были получены нами на основе собственных картографических построений (рис. 9). За основу для построения карты бассейна реки Турген была взята топографическая карта М 1:50000. На основе построенной карты были получены данные по площади каждого частного водосбора ( $F_i$ ) и средневзвешенной высоты ( $H$ ).

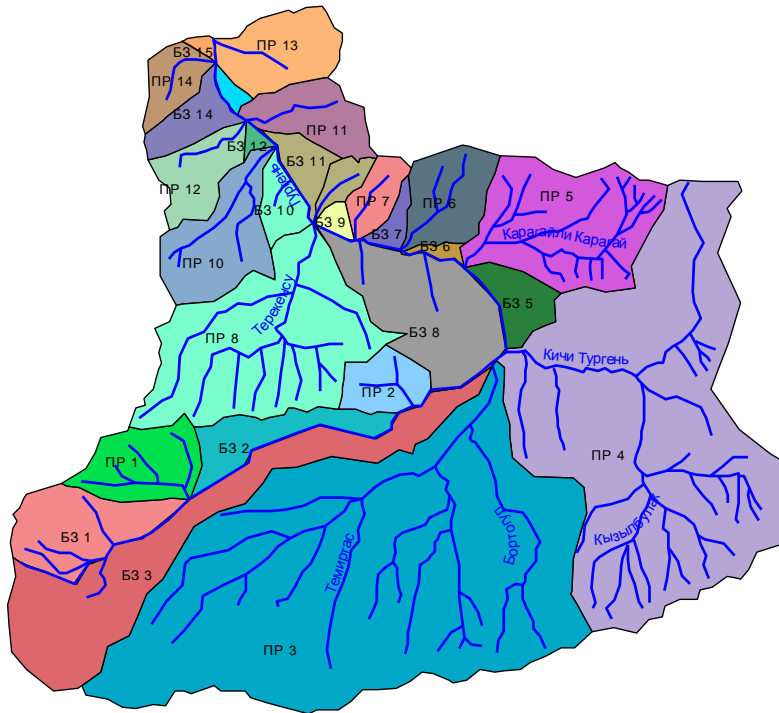


Рис. 9. Карта бассейна р. Турген с бассейнами притоков.

Модули ( $M$ ) стока определены по данным таблицы 5 для бассейна каждого притока в соответствии с рисунком 9.

Таблица 5

Координаты кривой  $M=f(H)$

$M$ , л/(с км <sup>2</sup> )	1,6	3,4	5,6	7,9	10,6	13,5	16,5	19,4	22,4	25,3	27,7	30
$H$ , км	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8

Полученная графическая зависимость модуля стока  $M$ , л/(с км<sup>2</sup>) от высоты водосбора  $H$ , м показана на рисунке 10.

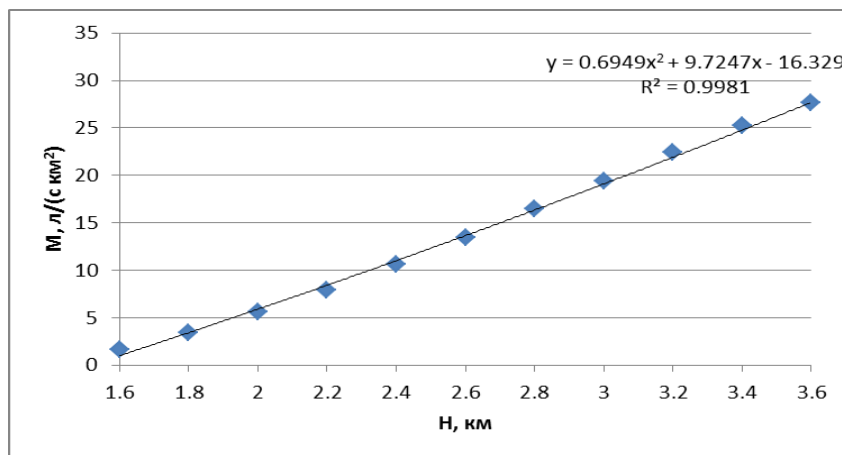


Рис. 10. Кривая зависимости модуля стока  $M$ , л/(с км<sup>2</sup>) от высоты водосбора  $H$ , м.

Расходы воды на каждом участке рассчитывались по формуле:

$$Q = \frac{M \cdot S}{1000}, \quad (2)$$

где  $Q$  – расходы воды, м<sup>3</sup>/с  
 $M$  – модуль стока, л/(с км<sup>2</sup>)  
 $S$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>

Водно-энергетический кадастр определялся по следующим формулам [3]:

$$N_{p,уч} = 9,81 \times Q_{уч} \times \Delta H / 1000 \quad (3)$$

$$N_{уд} = N_p / L \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_{уч} = 31,54 \times N_{p,уч} \quad (5)$$

где  $N$  – потенциальная мощность водотока, тыс. кВт;  
 $N_{уд}$  – потенциальная удельная мощность водотока, тыс.квт/км;  
 $\mathcal{E}_{уч}$  – энергия, млн.квт.ч/год

Результаты подсчета водных и водно-энергетических ресурсов представлены в графическом виде (рис. 11-13), а также приведены в таблице 6 для 14 притоков.

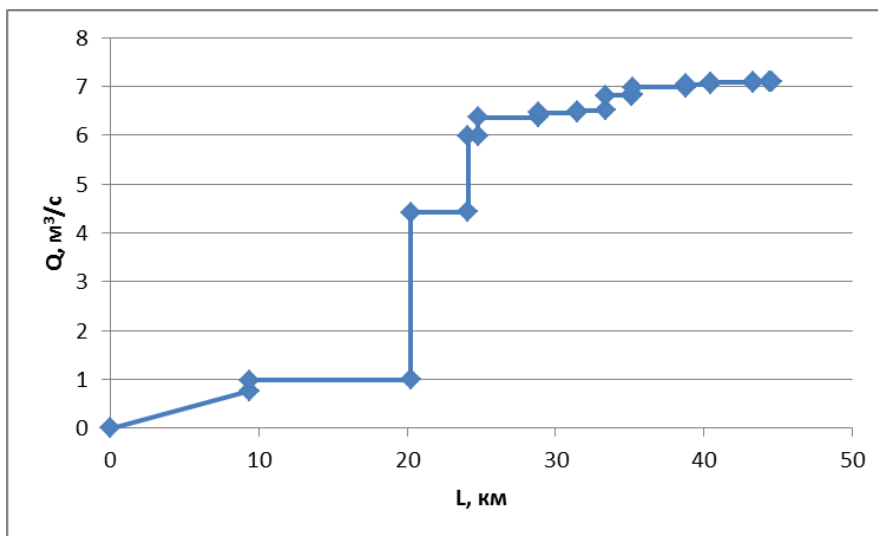


Рис. 11. Изменение расхода воды по длине реки.

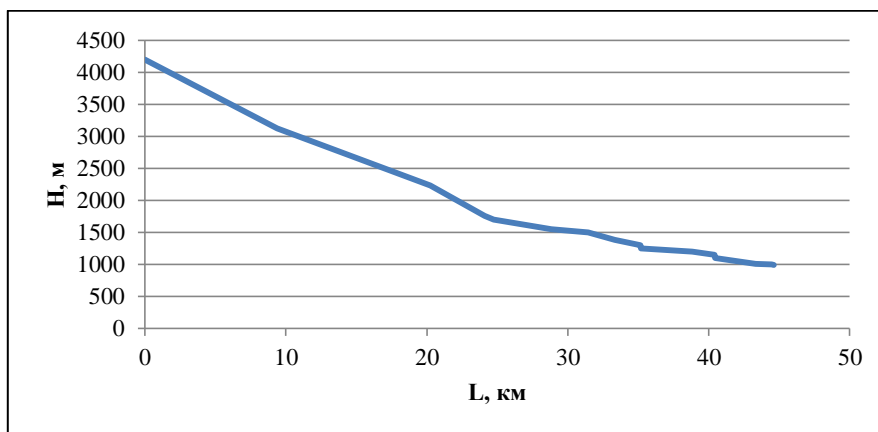


Рис. 12. Профиль р. Турген.

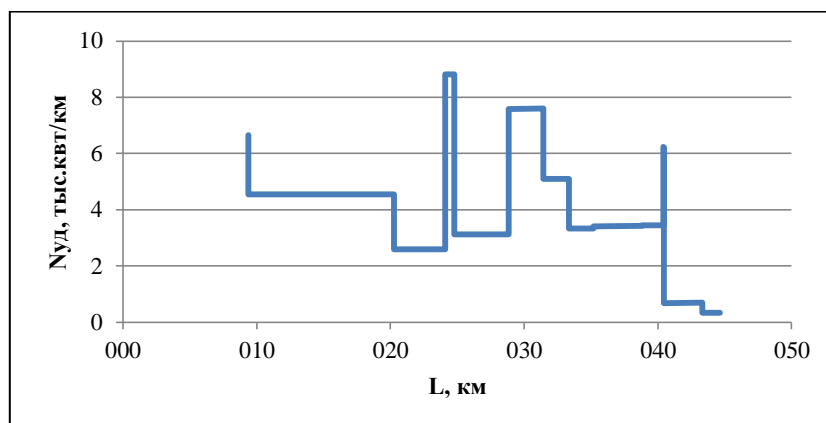


Рис. 13. Удельная потенциальная энергия по длине реки.

Таблица 6

Потенциальные водно-энергетические ресурсы реки

Наименование притока	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	ΔН, м	Расход воды Q, м <sup>3</sup> /с	Длина реки от истока L, км	N, тыс. квт	N уд, тыс. квт/км	Э, млн. квт.ч/год
Приток 1	33,7	890	0,76	9,38	6,66	0,71	210
Приток 2	20,8	470	0,99	20,25	4,55	0,22	144
Приток 3	231,1	60	4,43	24,10	2,60	0,11	82
Приток 4	140,5	150	5,99	24,77	8,81	0,36	278
Приток 5	44,6	50	6,36	28,83	3,12	0,11	98
Приток 6	15,0	120	6,46	31,45	7,59	0,24	240
Приток 7	8,6	80	6,50	33,34	5,10	0,15	161
Приток 8	29,9	50	6,81	35,16	3,33	0,09	105
Приток 9	5,1	50	6,83	35,19	3,35	0,10	106
Приток 10	25,0	50	6,98	38,82	3,42	0,09	108
Приток 11	17,3	50	7,04	40,43	3,45	0,09	109
Приток 12	11,4	90	7,06	40,45	6,23	0,15	196
Приток 13	16,4	10	7,08	43,34	0,69	0,02	22
Приток 14	14,7	5	7,10	44,46	0,35	0,01	11
<b>Итого</b>	<b>614,0</b>		<b>7,10</b>	<b>44,62</b>			<b>1880</b>

**Вывод.** с учетом изменения климатической обстановки, для более полного анализа по гидрологическим характеристикам реки, необходимы полевые наблюдения с целью продления гидрологического ряда расходов и выделения циклов водности. По нашим данным получается, что расход воды в реке, в замыкающем створе, постепенно уменьшается, а отрицательные значения модульных коэффициентов на разностной интегральной кривой показывают, что среднегодовые расходы практически всегда меньше среднегололетнего расхода. Водно-энергетические показатели реки также находятся в прямой зависимости от климата. Следовательно, есть необходимость привести в более строгое соответствие гидрологические данные и водно-энергетические.

#### Литература:

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 13. Центральный и Южный Казахстан. Выпуск 2. Бассейн оз. Балхаш. –Л.: Гидрометеоздат.1970 – 644 с.
2. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. - М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200035578>
3. Гидроэнергетические ресурсы / под ред. Вознесенского А.Н. - М.: Наука. 1967. - 590 с.
4. Стрижанцева О.М., Момуналиев Р.К. Проявление климатических изменений в таласском гидрологическом бассейне. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. - 2021. №4. - С. 135-140.
5. Алишеров Э.Т. Возобновляемые источники энергии малые гидроэлектростанции. / Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021. №. 1. С. 97-100.