

УДК 556.6 (551.52)  
DOI 10.58649/1694-9099-2025-4-384-388

**КАНЫБЕКОВА У.К., МОМУНАЛИЕВ Р.К., ЭРКИНБЕК К. Б.**  
И. Раззаков атындагы КМТУ,  
Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясы  
**КАНЫБЕКОВА У.К.<sup>1</sup>, МОМУНАЛИЕВ Р.К.<sup>2</sup>, ЭРКИНБЕК К. Б.<sup>1</sup>**  
КГТУ имени И. Раззакова<sup>1</sup>,  
Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР<sup>2</sup>  
**KANYBEKOVA U.K., MOMUNALIEV R.K., ERKINBEK K. B.**  
KSTU named after I. Razzakov,  
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic

КЛИМАТТЫН ӨЗГӨРҮШҮНӨ БАЙЛАНЫШТУУ ЫСЫК-КӨЛ ОБЛУСУНДАГЫ  
АК-ТЕРЕК ДАРЫЯСЫНЫН АГЫМЫН ТАЛДОО

**АНАЛИЗ ВОДНЫХ РАСХОДОВ РЕКИ АК-ТЕРЕК ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ  
В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА**

ANALYSIS OF WATER FLOWS OF THE AK-TEREK RIVER  
IN THE ISSYK-KUL REGION IN CONNECTION WITH CLIMATE CHANGE

**Кыскача мүнөздөмө:** Экология адамдын жашоосу үчүн абдан маанилүү, бул айылдагы 100 гектар жерди сугаруу боюнча бүткөрүлгөн долбоор тууралуу жазылган макала. Ысык-Көл областынын Кызыл-Туу шаары. Климаттын өзгөрүшүнө кайрадан баа берүү үчүн биз дарыянын жерлерди сугаруу үчүн потенциалын бааладык, температура жана жаан-чачын боюнча эсептөөлөрдү жүргүздүк, дарыянын агымын жана анын агып чыгуу модулу эсептедик. Жүргүзүлгөн эсептөөлөрдүн негизинде биз дарыядагы суунун агымынын  $Q$  ылдамдыгынын тактыгы үчүн максималдуу ыктымалдык эсептөө ыкмасын тандап алдык,  $C_v$  вариация коэффициенттери жана асимметрия  $C_s$  алынды, андан кийин биз  $P\%$  талап кылынган жеткиликтүүлүгүн жана  $W$  агып чыгуу модулу эсептедик. Ак-Терек дарыясынын. Андан соң анализ жүргүзүп, температуралык шарттар өзгөргөндө мөңгүлөр эрип, жаан-чачындар көбөйүп, дарыялардын агымы көбөйөт деген жыйынтыкка келишкен.

**Аннотация:** Окружающая среда очень важна для жизни человека. В статье рассматриваются результаты завершеного проекта по орошению 100 гектаров земель в с. Кызыл-Туу Исык-Кульской области. В связи с изменением климата были оценены потенциальные возможности использования реки для орошения земель. Произведены расчеты с учетом температуры воздуха и количества выпавших осадков, подсчитан расход и модуль стока реки. Выбран метод расчета наибольшего правдоподобия для точности за расходами  $Q$  воды в реке, получены коэффициенты вариации  $C_v$ , асимметрии  $C_s$ , рассчитана нужная обеспеченность  $P\%$  и модуль стока  $W$  реки Ак-Терек. В результате анализа пришли к выводу что во время изменения температурных режимов происходит таяние ледников, увеличиваются количество дождевых осадков и сток реки.

**Abstract:** The environment is very important for human life, this article is written on the completed project for irrigation of 100 hectares of land in the village of Kyzyl-Tuu, Issyk-Kul region. For re-evaluation in connection with the changing climate, the potential of the river for irrigation of lands was estimated, the calculation of temperature and precipitation was made, the river flow and its flow module were calculated. According to the calculations performed, the method of calculating the greatest likelihood for the accuracy of the flow of  $Q$  water in the river was selected, the coefficients of variation  $C_v$ , asymmetry  $C_s$  were obtained, after which the required  $P\%$  provision and the flow module  $W$  of the Ak-Terek River were calculated. After analyzing and concluding that during changes in temperature regimes, glaciers melt, rainfall and river flow increase.

**Негизги сөздөр:** вариация коэффициенти; асимметрия коэффициенти; дарыянын агымы; климаттын өзгөрүшү; агып чыгуу модулу.

**Ключевые слова:** коэффициент вариации; коэффициент асимметрии; расход реки; изменение климата; модуль стока.

**Keywords:** coefficient of variation; coefficient of asymmetry; river discharge; climate change; runoff module.

**Введение.** Река Ак-Терек, протекающая через село Кызыл-Туу в Иссык-Кульской области, является важным природным объектом, который играет значительную роль в жизни местных жителей. Эта река, обеспечивая потребности жителей бассейна в

воде, также является местом обитания водной фауны. Вода реки Ак-Терек чистая и прохладная, символизирует жизненную силу и природное богатство региона. В статье рассмотрим атмосферный и гидрологический режим реки.



Рис. 1. Гидрографическая сеть реки Ак-Терек

**Объект исследования.** Географическая расположенность. Центральная часть хребта находится выше снеговой линии, что способствует образованию снежников и ледников. Горы Тескей Ала-Тоо простираются с востока на запад на 240 км и имеют ширину 100 км.

Ледники играют ключевую роль в формировании стока рек. В бассейне Иссык-Кульской котловины площадь оледенения составляет 16-23%. Данные высокогорной метеостанции Балыкчы показали, что за весь период наблюдений в течение 89 лет осадки уменьшились фактически на 2%, а температура воздуха увеличилась на 1,92 градуса. [2] В связи с повышением температуры воздуха уменьшилась масса ледников и увеличился сток рек. Согласно

**Методика исследования.** Расчетные гидрологические характеристики определялись согласно СНиП 33.101.2003 г. Данные по гидрологии и атмосферные данные получены на метеостанции Рыбачье при МЧС Кыргызгидромет и произведены расчеты по температуре, осадкам, а также на гидропосту Рыбачье по многолетнему ходу реки Ак-Терек.

каталогу ледников Кыргызстана, разработанному Центрально-Азиатским институтом исследования Земли, площадь оледенения в бассейне озера Иссык-Куль по сравнению с каталогом СССР сократилась на 14%. [2]

Река Ак-Терек впадает в бессточное озеро Иссык-Куль, истоки рек которого берут своё начало с гор Тескей Ала-Тоо, образуя южную часть бассейна озера Иссык-Куль. [1] Водосборная площадь реки составляет  $F = 722$  км<sup>2</sup> и длина реки  $L = 15$  км, высота истока находится на отметке 1810 м н. у. м., уклон составляет  $i_{cp} = 0,013$ , или 1,34%. Во времена СССР здесь велись наблюдения за расходом воды в реке. В настоящее время гидрометеорологический пост отсутствует.

Рассмотрим расчёт среднегодовых данных расходов реки Ак-Терек по трем методам: метод моментов, наибольшего правдоподобия и графоаналитики. [6]

На основе сравнительного анализа результатов трех методов выбран наиболее подходящий достоверный метод для репрезентативной реки. [5] Выбран метод расчета наибольшего правдоподобия для

точности данных расходов  $Q$  воды в реке, получены коэффициенты вариации  $C_v$ , асимметрии  $C_s$ , затем рассчитана нужная нам обеспеченность  $P\%$  и модуль стока  $W$  реки Ак-Терек.

Все расчеты произведены по программе Microsoft Office Excel, Word и программе STATISTICA. Схема карты расположения реки – по программе ArcGiS.

**Результаты исследования.** На основе проведенных расчетов и анализа данных были получены следующие результаты. По данным метеостанции Рыбачье был проведен анализ максимальных и минимальных температур [4] за 89 лет наблюдений. Так, самая жаркая средняя температура по метеостанции была в 2015 г. и составила  $t = +22,7^{\circ}\text{C}$ , а минимальная

температура была  $t = -7,9^{\circ}\text{C}$  в 1936 году. Согласно ранее упомянутым данным выявлена тенденция к повышению среднегодовой температуры в регионе. [2]

Подтверждено сокращение количества осадков в регионе, по данным расчета за последние 30 лет наблюдается незначительное уменьшение осадков – менее 1%.

На графике (рис. 2) видим средний температурный режим, наблюдаемый на м/с Рыбачье с 1931 по 2000 год, разделенный на периоды наблюдений. Последние 30 лет наблюдается тенденция повышения температуры воздуха в регионе, что согласуется с глобальными климатическими изменениями.

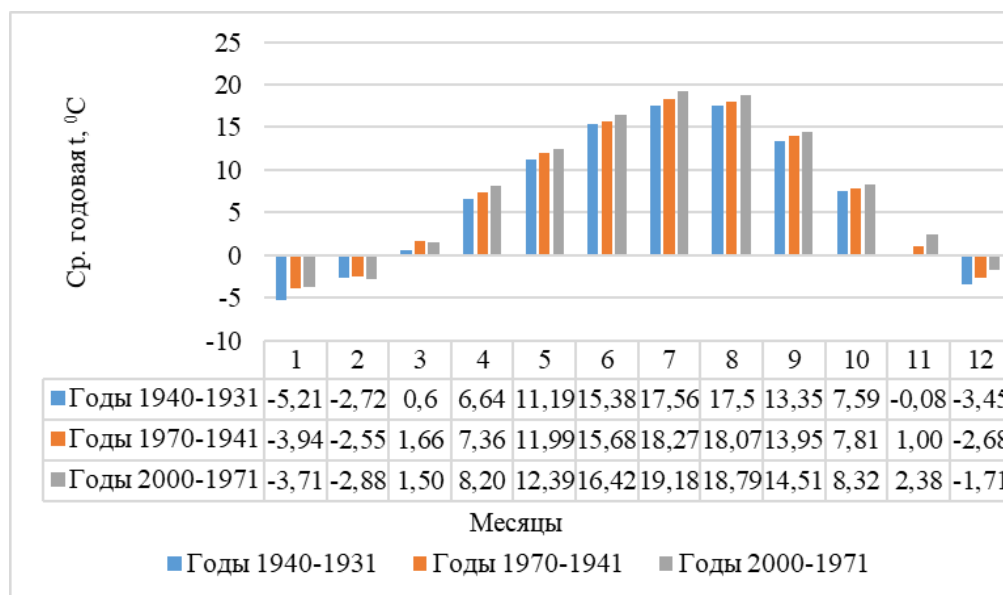


Рис. 2. Среднегодовая температура на м/с Рыбачье за период 1931-2000 годы

В ходе наблюдений также зафиксировано снижение количества осадков в регионе.

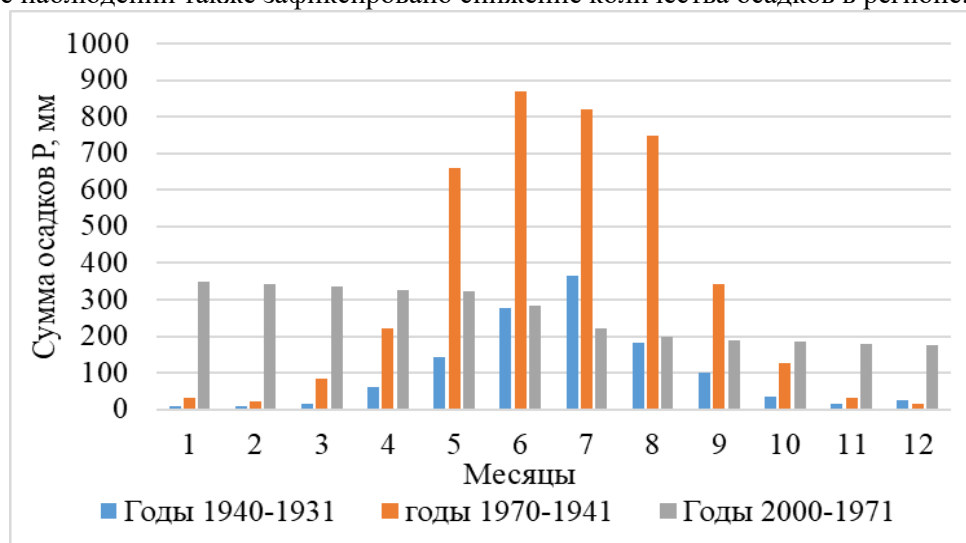


Рис. 3. Диаграмма атмосферных осадков

Среднегодовые расходы воды реки Ак-Терек получены с помощью **эмпирических** и **аналитических** расчетов. [1; 2]

Норма стока по реке Ак-Терек составила  $Q_0 = 3,31 \text{ м}^3/\text{с}$ .

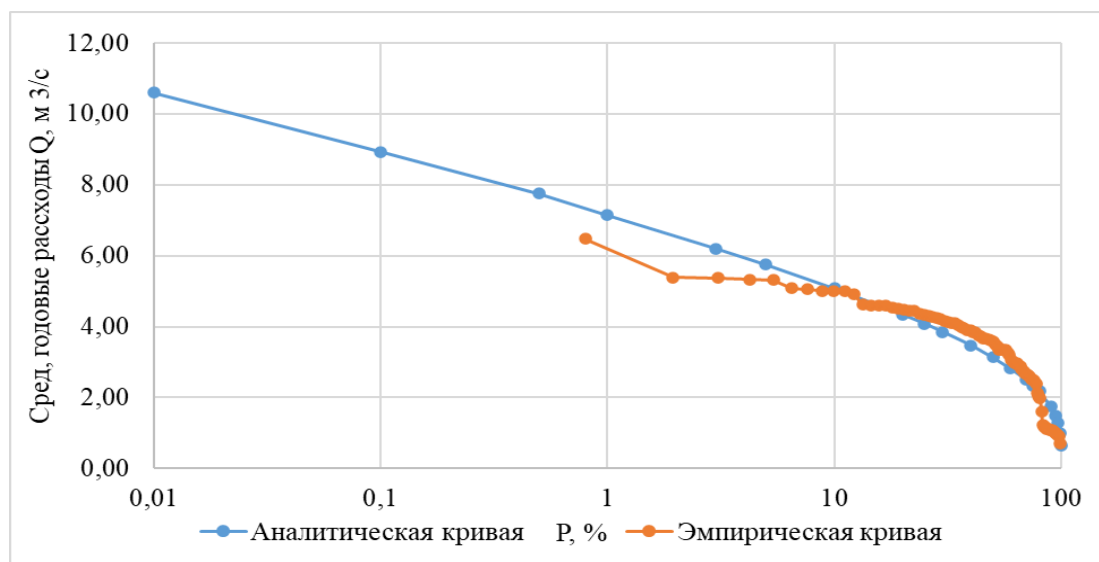
Коэффициент асимметрии  $C_s = 2,0$ ; коэффициент вариации  $C_v = 0,40$ .

Расчет среднегодовых расходов воды  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , нужной  $P\%$  обеспеченности представлен в таблице. [5]

Заданная  $Q\%$  обеспеченности среднегодовых расходов

|                  |             |            |            |           |           |           |           |           |           |             |
|------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| $P, \%$          | <b>0.01</b> | <b>0.1</b> | <b>0.5</b> | <b>1</b>  | <b>3</b>  | <b>5</b>  | <b>10</b> | <b>20</b> | <b>25</b> | <b>30</b>   |
| $\Phi, \%$       | 5,5         | 4,24       | 3,36       | 2,89      | 2,18      | 1,84      | 1,34      | 0,78      | 0,58      | 0,41        |
| $K=(\Phi * C_v)$ | 3,2         | 2,696      | 2,344      | 2,156     | 1,872     | 1,736     | 1,536     | 1,312     | 1,232     | 1,164       |
| $Q=Q_0 * K$      | 10,60       | 8,93       | 7,76       | 7,14      | 6,20      | 5,75      | 5,09      | 4,34      | 4,08      | 3,85        |
| $P, \%$          | <b>40</b>   | <b>50</b>  | <b>60</b>  | <b>70</b> | <b>80</b> | <b>90</b> | <b>95</b> | <b>97</b> | <b>99</b> | <b>99.9</b> |
| $\Phi, \%$       | 0,12        | -0,13      | -0,37      | -0,6      | -0,85     | -1,17     | -1,38     | -1,52     | -1,74     | -2,02       |
| $K=(\Phi * C_v)$ | 1,048       | 0,948      | 0,852      | 0,76      | 0,66      | 0,532     | 0,448     | 0,392     | 0,304     | 0,192       |
| $Q=Q_0 * K$      | 3,47        | 3,14       | 2,82       | 2,52      | 2,19      | 1,76      | 1,48      | 1,30      | 1,01      | 0,64        |

Логарифмический график  $P\%$  обеспеченности среднегодовых расходов представлен на рис. 4.



**Рис. 4. Логарифмический график среднегодовых расходов воды**

**Модуль стока.** Для определения модуля стока была применена формула  $W$ -модуль стока. Вычислен модуль стока реки Ак-Терек, который позволяет оценить водность реки в сравнении с другими реками региона.

1. Переводи м площадь водосбора в квадратные метры:  
 $722 \text{ км}^2 = 722 * 1000 * 1000 \text{ м}^2 = 722 000 000 \text{ м}^2$

2. Делим средний расход на площадь водосбора и переводим в литры:

$$W = (3,31 \text{ м}^3/\text{с} / 722 000 000 \text{ м}^2) * 1000 \text{ л}/\text{м}^3 \approx 0,0046 \text{ л}/\text{с} * \text{км}^2$$

Модуль стока в данном случае составляет примерно  $0,0046 \text{ л}/\text{с}$  с каждого квадратного километра площади водосбора. [3]

Таким образом, модуль стока реки Ак-Терек является динамичной характеристикой водосборного бассейна, которая изменяется в течение всего года под влиянием различных природных и антропогенных факторов.

**Выводы.** Сокращение количества осадков в сочетании с повышением температуры может привести к значительным изменениям в гидрологическом режиме реки Ак-Терек. В связи с изменением климата было решено переоценить расход реки. Согласно нормативному документу СП. 33.101.2003 г.

«Определение расчётных гидрологических характеристик» [6], был произведен гидрологический расчет для уточнения за расходами реки Ак-Терек. Анализ среднегодовых расходов реки показывает вариабельность стока, что может быть связано с изменениями в режиме таяния снега и ледников в истоках реки.

Расчет модуля стока позволяет оценить водообеспеченность бассейна реки Ак-Терек в сравнении с другими реками Иссык-Кульской котловины. Полученные результаты помогают визуализировать пространственные характеристики водосборного бассейна и могут быть использованы для дальнейшего моделирования гидрологических процессов.

В заключение проведенное исследование подтверждает значительное влияние климатических изменений на гидрологический режим реки Ак-Терек и в целом на водные ресурсы бассейна озера Иссык-Куль.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегий адаптации к изменению климата и управления водными ресурсами в регионе, а также при проектировании строительства автомобильных дорог и мостов.

**Список использованной литературы**

1. Момуналиев Р.К. Основные топографические и гидрологические характеристики реки Джууку Иссык-Кульской области Кыргызской Республики // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2022, № 9, с. 36-42. eLIBRARY ID: 50360652 EDN: CNBPNJ DOI: 10.26104/NNTIK.2023.55.17.008
2. Стрижанцева О.М., Момуналиев Р.К. Проявление климатических изменений в Таласском гидрологическом бассейне // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2021, № 4, с. 135-140. eLIBRARY ID: 47128691 EDN: CBHSVV
3. Ершова Н.В., Фролова Г.П., Момуналиев Р.К. Гидрологическое обоснование для проектирования мини-гидроэлектростанции на реке Турген // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2022, № 3, с. 54-61. eLIBRARY ID: 48867201 EDN: QBIEZI DOI: 10.26104/NNTIK.2022.91.19.009
4. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1979, 431 с.
5. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том XI. Киргизская ССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1987, 450 с.
6. Межгосударственный свод правил по проектированию и строительству, Определение основных расчетных гидрологических характеристик МСП 3.04-101-2005г. – МНТКС.

**Рецензент: д-р экономич. наук Чортомбаев У.Т.**