

and Ecology of the NAST, knomvarb.0502@gmail.com; Qurbonov Ysuf Mahmadalievich - lead engineer in the electrical maintenance department substations 110/220/500 kV in the OJSC «Shabakahoi intiqoli barq». Email post: yusuf.m.k97@gmail.com.

УДК 551.324.433

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВКЛАДА МЕТЕОПАРАМЕТРОВ В ДИНАМИКУ СТОКА РЕК ПАМИРА И ПАМИРО-АЛАЯ.

*Ниязов Дж.Б.*

*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ*

**Аннотация:** в работе приведена оценка вклада основных метеорологических параметров (температуры воздуха и осадков) в динамику стока рек Памира и Памиро-Алая (территория Таджикистана) за многолетний период наблюдений. Статистические методы обработки и анализа данных гидрометеорологических наблюдений применялись для оценки эффективного вклада основных метеорологических элементов в сток рек за половодье. Статья имеет как научно-исследовательское, так и практическое значение для перспективного планирования и интегрированного управления водными ресурсами.

**Ключевые слова:** реки Памира и Памиро-Алая, бассейн реки Амударья, корреляционный анализ, статистические методы, метеорологические параметры, водность рек, динамика стока.

### Введение

Средняя высота горной системы Памира и Памиро-Алая составляет около 4500 - 5000 м.н.у.м. с отдельными вершинами выше 7000 м.н.у.м. Такое высокогорное положение водосбора определяет особенности и условия формирования стока рек. Средний объем годового стока реки Амударьи составляет около 78 км<sup>3</sup>, при этом, на территории Таджикистана формируется около 80 % всего речного стока. В народном хозяйстве Таджикистана 82 % водных ресурсов реки Амударья используются в сельском хозяйстве, 8,7 % - в промышленности и 8,1 % - на бытовые нужды [1].

Глобальное потепление климата привело к сокращению площади оледенения в бассейне реки Амударья. По мнению исследователей, потепление климата, особенно в зимний период приведет к следующим процессам [2]:

- уменьшатся запасы снега зимой, сократится многолетняя площадь оледенения, а значит, сократятся водные ресурсы;

- уменьшится водный сток, формирующийся из сезонных запасов снега, а летний сток ледникового таяния в начальный период может увеличиться, но в последующие годы уменьшится;

- увеличение осадков в горах может привести к увеличению водных запасов в более высокогорных районах, и это компенсирует уменьшение снежных запасов низкогорных территорий.

Для перспективного планирования водных ресурсов исследование влияния климатических факторов на динамику стока рек является важной научно-исследовательской и практической задачей.

### Объекты исследования

Объектами исследования выбраны 6 речных бассейнов с различной степенью оледенения, расположенных в области формирования стока Северо-Таджикско-

го, Зеравшанского, Северо-Памирского и Центрально-Южно-Таджикского гидрологических районов [3].

Для оценки репрезентативности метеоданных со стоком рек за период половодья,

были использованы данные по 25-и метеостанциям и 6-и гидропостам Таджгидромета за период с 1940 по 2019 годы [4,5]. Основные характеристики бассейнов рек приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные сведения о характеристиках исследуемых речных бассейнов Памира и Памиро-Алая\*.

| № | Название гидропоста             | Площадь водосбора до пункта наблюдений в км <sup>2</sup> | Средняя высота водосбора до пункта наблюдений в м.н.у.м. | Площадь ледников  |                                 | Средний годовой расход воды в м <sup>3</sup> /с |
|---|---------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
|   |                                 |                                                          |                                                          | в км <sup>2</sup> | в процентах от площади бассейна |                                                 |
| 1 | р.Вахш – Дарбанд к.Комсомолабад | 29500                                                    | 3600                                                     | 3243              | 11                              | 616                                             |
| 2 | р.Гунт – г.Хорог                | 13700                                                    | 4170                                                     | 360,3             | 2,6                             | 104                                             |
| 3 | р.Ванч – к. Ванч                | 1920                                                     | 3780                                                     | 255,1             | 13                              | 51,0                                            |
| 4 | р.Зерафшан –к. Худгиф-Боло      | 1100                                                     | 3700                                                     | 358               | 33                              | 25,0                                            |
| 5 | р.Фандарья-устье                | 3230                                                     | 3270                                                     | 124               | 3,8                             | 53,4                                            |
| 6 | р.Варзоб – к.Дагана             | 1270                                                     | 2670                                                     | 40,0              | 3,0                             | 49,3                                            |

\*- Площадь ледников по данным Каталога ледников СССР за 1969-1980 г.г. [6].

### Методика исследований

Для проведения оценки эффективного вклада метеопараметров в динамику стока рек использовались статистические методы анализа метеорологических и гидрологических наблюдений. Автором был проведен корреляционный анализ репрезентативности данных 25-и метеостанций для выбранных речных бассейнов [7].

Этот метод основан на выявлении коэффициента корреляции, характеризующего тесноту линейной связи между двумя переменными Y и X при длине ряда n.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (1)$$

Этот метод требует данные за длительный период наблюдений (более 25 лет) для получения устойчивых зависимостей между метеорологическими и гидрологическими

параметрами. Данный анализ важен при разработке методик прогноза водности горных рек и определению оптимального набора данных метеостанций и гидропостов, которые затем будут использоваться при выпуске прогнозов [8]. Его осуществляют эмпирически от степени тесноты зависимости между стоком и аргументом. При этом руководствуются следующими двумя правилами: во-первых, они должны входить в число информационных; во-вторых, они должны быть репрезентативными для достаточно большого района. Надежность прогноза может быть напрямую связана с количеством и пространственным распределением имеющихся данных и их взаимосвязанностью. Здесь необходима тщательность, чтобы обеспечить независимость данных, используемых для разработки и выпуска прогноза. Именно поэтому взаимосвязанность рядов данных так же, как и объем этих данных, весьма важна [9, 10].

**Результаты исследований.**

Построенная матрица корреляции средних расходов воды за период половодья по 6-и рекам (Фандарья, Варзоб, Зеравшан (Худгиф), Вахш, Гунт и Ванч) с данными сред-

ней месячной температуры воздуха и осадков за холодный период времени позволила выделить наиболее репрезентативные метеостанции. Сведения о них представлены авторами в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

**Коэффициенты корреляции (R) средних расходов воды за период половодья со среднемесячной температурой воздуха\* по выбранным репрезентативным станциям.**

| Название метеостанции                    | R с температурой воздуха за месяцы |             |       |              |              |              |             |             |              |       |       |       |
|------------------------------------------|------------------------------------|-------------|-------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------|-------|-------|
|                                          | 1                                  | 2           | 3     | 4            | 5            | 6            | 7           | 8           | 9            | 10    | 11    | 12    |
| 1. Гидропост р.Варзоб – с.Дагана         |                                    |             |       |              |              |              |             |             |              |       |       |       |
| Душанбе                                  | 0.31                               | 0.09        | -0.18 | -0.22        | <b>-0.64</b> | <b>-0.51</b> | -0.27       | -0.49       | -0.24        | -0.38 | 0.24  | 0.05  |
| Майхура                                  | 0,29                               | 0,02        | -0,22 | <b>-0,47</b> | <b>-0,76</b> | <b>-0,54</b> | 0,01        | -0,40       | -0,16        | -0,22 | 0,05  | 0,04  |
| 2. Гидропост р.Ванч – с.Ванч             |                                    |             |       |              |              |              |             |             |              |       |       |       |
| Ирхт                                     | 0.02                               | 0.10        | 0.02  | 0.24         | 0.04         | <b>0.35</b>  | <b>0.40</b> | 0.22        | 0.23         | -0.07 | 0.21  | 0.12  |
| 3. Гидропост р.Гунт – г.Хорог            |                                    |             |       |              |              |              |             |             |              |       |       |       |
| Хорог                                    | -0.06                              | -0.12       | -0.13 | 0.06         | 0.09         | 0.14         | 0.29        | 0.01        | 0.04         | -0.08 | -0.06 | 0.03  |
| 4. Гидропост р.Вахш – с.Дарбанд          |                                    |             |       |              |              |              |             |             |              |       |       |       |
| Сары-Таш                                 | 0.29                               | 0.11        | 0.18  | 0.37         | 0.41         | <b>0.48</b>  | 0.32        | <b>0.45</b> | <b>0.55</b>  | 0.38  | 0.42  | 0.31  |
| 5. Гидропост р.Фандарья – устье (с.Пете) |                                    |             |       |              |              |              |             |             |              |       |       |       |
| Искандеркуль                             | 0.28                               | <b>0.63</b> | 0.34  | 0.36         | -0.37        | -0.41        | -0.43       | -0.37       | -0.05        | -0.22 | -0.02 | -0.43 |
| Мадрушкат                                | 0,25                               | 0,34        | 0,32  | -0,04        | <b>-0,59</b> | -0,47        | -0,34       | -0,37       | -0,04        | -0,08 | 0,24  | -0,21 |
| Сангистон                                | 0,38                               | 0,35        | 0,27  | -0,28        | <b>-0,66</b> | -0,42        | -0,15       | -0,36       | 0,05         | 0,06  | 0,34  | -0,07 |
| 6. Гидропост р.Зеравшан – к.Худгиф       |                                    |             |       |              |              |              |             |             |              |       |       |       |
| Мадрушкат                                | 0.37                               | 0.41        | 0.08  | 0.27         | -0.11        | 0.02         | 0.22        | -0.02       | <b>-0.59</b> | 0.40  | 0.29  | -0.29 |

\*- жирным курсивом выделены статистически значимые метеопараметры.

Таблица 3.

Коэффициенты корреляции (R) средних расходов воды за период половодья с осадками за холодный период (октябрь-апрель, исключение для рек Варзоб и Фандарья – октябрь-март)\*

| Название метеостанции            | R с суммой осадков за холодный период |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Гидропост р.Варзоб – с.Дагана |                                       |
| Душанбе                          | 0,51                                  |
| Майхура                          | <b>0,72</b>                           |
| 2. Гидропост р.Ванч – с.Ванч     |                                       |
| Ирхт                             | 0,33                                  |
| 3. Гидропост р.Гунт – г.Хорог    |                                       |
| Хорог                            | <b>0,65</b>                           |
| 4. Гидропост р.Вахш – с.Дарбанд  |                                       |

|                                          |             |
|------------------------------------------|-------------|
| Сары-Таш                                 | 0.43        |
| 5. Гидропост р.Фандарья – устье (с.Пете) |             |
| Искандеркуль                             | <b>0.59</b> |
| Мадрушкат                                | <b>0,68</b> |
| Сангистон                                | <b>0,58</b> |
| 6. Гидропост р.Зеравшан – к.Худгиф       |             |
| Мадрушкат                                | 0.28        |

Наибольший интерес представляли коэффициенты корреляции средних расходов воды за период половодья с температурой воздуха за июнь и июль, т.к. в эти месяцы наблюдается повышение температуры воздуха и начало таяния ледников. Коэффициенты корреляции температуры воздуха на выбранных репрезентативных метеостанциях со стоком в эти месяцы составили 0,22 – -0,54. Исключение составляют река Зеравшан (Худгиф), где в июне коэффициент корреляции составил 0,02 и Гунт – 0,14, что не критично, т.к. таяние ледников начинается на этих реках в июле. На реках Зеравшанского бассейна (Зеравшан и Фандарья) коэффициенты корреляции с температурой воздуха в зимние месяцы составляет 0,37-0,63. Тесную зависимость (0,36-0,59) с температурами воздуха: в осенние месяцы имеет сток рек Зеравшан и Вахш; в апреле, мае и августе – Варзоб, Фандарья и Вахш. Коэффициенты корреляции стока и осадков за холодный период на реках Варзоб, Гунт и Фандарья составили 0,51-0,65, а на реках Вахш, Ванч и Зеравшан (Худгиф) – 0,28-0,43. Небольшие коэффициенты корреляции метеопараметров отмечаются со стоком реки Ванч, т.к. в ее бассейне нет метеостанции, и была использована информация с метеостанции Ирхт, находящейся в соседнем водосборе р. Бартанг.

Статистически значимые ( $R=0,58$  (-0,57) и более) зависимости стока рек за период половодья и метеопараметров были:

- для реки Варзоб среднемесячная температура воздуха за май по МС Душанбе и Майхура и сумма осадков за холодный период (октябрь-март) по МС Майхура;

- для реки Гунт сумма осадков за холодный период (октябрь-апрель) по МС Хорог;

- для реки Фандарья осадков за холодный период (октябрь-март) по МС Искандеркуль, Мадрушкат, Сангистон, среднемесячная температура воздуха за февраль по МС Искандеркуль и май по МС Мадрушкат, Сангистон;

- для реки Зеравшан - среднемесячная температура воздуха за сентябрь по МС Мадрушкат.

#### Заключение

Коэффициенты корреляции метеопараметров со стоком рек варьировали в зависимости от преобладающего типа питания рек и степени оледенения бассейна. Так было выяснено, что сток рек со значительной степенью оледенения (11-33 % от площади бассейна), такие как Вахш, Ванч и верховья реки Матча (приток р. Зеравшан) в большей степени зависят от температурных условий лета и осени, что связано с началом и окончанием таяния ледников.

Сток рек с небольшой степенью оледенения (2,6-3,8 % от площади бассейна) имеют значительную межгодовую изменчивость и в большей степени зависят от условий накопления сезонных запасов снега. Наибольшей вариабельностью отличается сток реки Фандарья, так как ее сток в период половодья зависит как от запасов снега в холодный период, так и температуры воздуха в феврале и мае. Сток реки Гунт также в большей степени зависит от накопления снега в холодный период, но практически не зависит от температурных условий, что связано с суровостью климата в этом бассейне. Сток реки Варзоб в период половодья в большей

степени зависит и от накопления снега в холодный период, и от температуры воздуха с апреля по июнь, особенно от температуры в мае. Данное исследование имеет теоретическое и практическое значение в гидрологическом прогнозировании, а также в определении наиболее эффективного вклада метеопараметров в сток и набора оптимальных аргументов для составления прогностических уравнений.

#### Благодарности.

Агентству по гидрометеорологии Комитету охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан (Таджикгидромету).

#### Acknowledgment.

Agency for Hydrometeorology Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan (Tajikhydromet).

#### Литература.

1. Вторая оценка трансграничных рек, озер и подземных вод. Женева: Изд-во ЕЭК ООН, 2011. С. 108-111.
2. Braun L., Glazirin G. and Finaev A., 2000. Evaluation of long-term changes in climate and water yield of high mountain regions in Tajikistan. In Book: Pamir and Tian Shan: Glacier and Climate Fluctuations during the Pleistocene and Holocene. International Workshop. July 22-23, 2000. Bayreuth.
3. Атлас Таджикской ССР. Душанбе-Москва: изд-во ГУГК. 1968, С. 200.
4. Книжки и таблицы для записи метеорологических наблюдений (ТМ-1, ТМС-84, КМ-1) с 1980 по 2019 годы. Фонды Таджгидромета.
5. Гидрологические ежегодники за 1980 – 2019 годы. Фонды Таджгидромета.
6. Каталог ледников СССР. Л.: Гидрометеоиздат. Т. 14, вып. 1 – 3. 1969 – 1980. С.
7. Подрезов О.А. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических данных: учебник для вузов. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2019. 262 с.
8. Боровикова, Л.Н. Статистические методы прогноза стока горных рек [Текст] / [Л.Н. Боровикова, А.Г. Гриневич, А.М. Овчинников и др.] // Труды САРНИГМИ. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1977. – № 51 (132). – 83 с.
9. Руководство, по гидрометеорологическим прогнозам: руководящий документ. Л.: Гидрометеоиздат. – 1989. выпуск 1. – 357 с.;
10. Руководство по гидрологической практике. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. Женева: ВМО. – 2012. Часть 2. Издание 6. – 324 с.

## АРЗЁБИИ САМАРАНОКИИ САҲМИ ЧАРАЁНИ ДАРЁҶОИ ПОМИР ВА ПОМИР - ОЛОЙ

**Аннотатсия:** дар мақола арзёбии саҳми параметрҳои асосии метеорологӣ (ҳарорати ҳаво ва боришот) ба динамикаи ҷараёни дарёҳои Помир ва Помир-Олой (ҳудуди Тоҷикистон) дар давраи мушоҳидаҳои дарозмуддат оварда шудааст. Усулҳои омори коркард ва таълили маълумоти мушоҳидаҳои гидрометеорологӣ барои арзёбии саҳми самарабахши элементҳои асосии метеорологӣ дар ҷараёни дарё хангоми обхези истифода шуданд. Мақолаи мазкур барои банақшагирии дарозмуддат ва идоракунии маҷмӯи захираҳои об ҳам аҳамияти тадқиқотӣ ва ҳам амалӣ дорад.

**Калидвожаҳо:** дарёҳои Помир, дарёҳои Помир-Олой, ҳавзаи дарёи Амударё, таълили коррелясионӣ, усулҳои омори, параметрҳои метеорологӣ, мизони оби дарёҳо, динамикаи ҷараёни об.

## THE EFFECTIVENESS OF THE METEOROLOGICAL PARAMETERS CONTRIBUTION ASSESSMENT OF THE PAMIR AND PAMIR-ALAI RIVERS RUNOFF DYNAMICS.

**Annotation:** the paper presents an assessment of the effectiveness of the meteorological parameters contribution assessment of the Pamir and Pamir-Alai rivers runoff dynamics (territory of Tajikistan) for the long-term observation period. Statistical methods for processing and analyzing data from hydrometeorological observations were used to assess the effective contribution of the main meteorological elements to river runoff during the flood period. The paper has both research and practical significance for long-term planning and integrated water resources management.

**Keywords:** Pamir and Pamir-Alai rivers, Amudarya river basin, correlation analysis, statistical methods, meteorological parameters, river water content, runoff dynamics.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Ниёзов Ҷаъфар Баҳодурович, номзади илмҳои таърих, мудири лабораторияи «Иқлим, ҷаъиҳои ва моделсозии захираҳои обӣ»-и Институту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Нишони: 734042, ш. Айни, 14А. Тел: +992 935650777, e-mail: niyazovjafar@mail.ru

**Сведения об авторе:** Ниязов Джафар Баходурович, кандидат исторических наук, заведующий лабораторией «Климата, гляциологии и моделирования водных ресурсов», Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. Адрес: 734042, г. Душанбе, ул. Айни, 14А. Тел: +992 935650777, e-mail: niyazovjafar@mail.ru

**Information about the author:** Dr. Niyazov Jafar, candidate of the historical sciences, Head of the Laboratory of Climatology, Glaciology and modeling of water resources. National Academy of Tajikistan Institute of water problems, hydropower and ecology, Address: 14A Ayni str., Dushanbe, 734042, Tajikistan. Phone: +992 935650777, e-mail: niyazovjafar@mail.ru

УДК 551.324.64 (575.3)

## РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЛЕДНИКОВ БАССЕЙНА РЕКИ ВАХШ НА ПЕРИОД 1956-2021 ГГ.

**Курбонов Н.Б.<sup>1</sup>, Маджиди М.<sup>2</sup>, Пиров А.У.<sup>2</sup>,  
Хакбердиев Х.М.<sup>3</sup>, Боев Б.М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ,

<sup>2</sup>Научно-исследовательский центр Государственного  
комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан,

<sup>3</sup>Таджикский государственный педагогический университет им. Садриддина Айни

**Аннотация:** в статье изложены результаты наблюдений за контрольными ледниками в бассейне р. Вахш, которые вместе с расчётными методами позволяют оценить современное состояние ледников Таджикистана. Объём ледников важен с точки зрения увеличения водности рек бассейна для производства электроэнергии.

**Ключевые слова:** ледники, наступание, наблюдения, репрезентативный, площадь, объём, длина, высота, бассейн реки Вахш.