

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БАСЕЙНА РЕКИ ПЯНДЖ

*Мирзохонова С.О., Ниязов Дж.Б.*

*(Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ)*

*E-mail: sitora.82@mail.ru +992919033479*

*E-mail: jaafar579@gmail.com +99293565077*

---

**Абстракт:** Исследования изменения температуры воздуха и атмосферных осадков является одной из актуальнейших задач современной науки в целом. Особую актуальность в этой связи приобретают исследования закономерностей периодического изменения региональных климатических условий на фоне глобального потепления. В статье исследованы и выявлены характерные закономерности изменения стока реки Пяндж с изменениями температуры воздуха и осадков, в связи с глобальным потеплением климата. В работе использовались метод сравнительного анализа и статистический метод обработки результатов с привлечением современных геоинформационных технологий. При исследовании изменения температуры воздуха выявлено её незначительное повышение, что может вызвать резкое таяние ледников и с последующим увеличением стока рек.

**Ключевые слова:** бассейн реки, Пяндж, зона формирования стока, сток, глобальное потепление, температура воздуха, осадки, ГИС

**Abstract:** Changes in air temperature and atmospheric precipitation are one of the most urgent problems of modern science in general. The study of the regularities of periodic changes in regional climatic conditions against the background of global warming is therefore of particular relevance. The article investigates the characteristic patterns of the runoff calibration of the Panj River with changes in air temperature and precipitation, in connection with global warming. The work used the method of comparative analysis and the statistical method of processing the results with the use of modern geoinformation systems and technologies. The air temperature change study revealed its insignificant increase, which can cause a sharp melting of glaciers and with a subsequent increase in river runoff.

**Keywords:** river basin, Panj, runoff formation zone, runoff, global warming, air temperature, precipitation, GIS

**Актуальность исследования.** Исследования изменения температуры воздуха и атмосферных осадков является одной из актуальнейших задач современной науки в целом. Особую актуальность в этой связи приобретает исследование закономерностей периодического изменения региональных климатических условий на фоне глобального потепления. Изучение пространственных и временных особенностей колебаний температуры воздуха и количества осадков на территории горного Памира имеет большое значение не только для разработки ре-

гиональных сценариев будущих изменений климата, но также для решения ряда практических задач, связанных с рациональным регулированием и использованием гидрологических ресурсов. Поскольку экономическое развитие Таджикистана напрямую связано с водными ресурсами,

**Целью данной работы** является исследование и выявление закономерностей изменения стока реки Пяндж с изменениями температуры воздуха и осадков, в связи с глобальным потеплением климата.

**Методы исследования.** В работе использовались метод сравнительного анализа и статистический метод обработки результатов с привлечением современных информационных технологий. Для выявления параметров линейных трендов многолетних изменений применялся метод наименьших квадратов. Согласованность изменений исследуемых характеристик оценивалась с помощью корреляционного анализа. Для получения непрерывного ряда использовался метод интерполяции по реперным станциям. Анализ пространственных изменений различных гидрометеорологических характеристик и исследуемых величин, а также их визуализация выполнялась с помощью программного пакета «GIS».

Местом исследования является верховье бассейна реки Пяндж (Памирский тракт). Горные поднятия Памира - это мощный аккумулятор влаги, накопленной здесь в виде ледников, фирновых полей и вечных снегов, которые дают постоянное питание многочисленным рекам, орошающим плодородные долины не только Таджикистана, но и его соседей. Горные системы Памиро-Алая оказывают сильное влияние на струйные течения и положение высотной планетарной

фронтальной зоны, с которой связана циклоническая деятельность над Средней Азией [18-27].

Памиро-Алай - один из крупнейших центров мощного современного оледенения и формирования гидрографической сети. В основном гидрографическая сеть Памиро-Алая делится на две зоны – во-первых Северо-Памирская и Центрально-Южная часть Таджикистана, во-вторых Западно-Восточная часть Памира охватывает бассейны рек Гунт, Шахдара, Бартанг, Ванч, Язгулем, Мургаб и бассейны озер Сарез и Каракуль.

**Результаты исследования.** При изучении изменения метеорологических параметров был проведён статистический анализ данных. Исследованные величины с метеорологических станций Каракуль, Мургаб, Джавшангоз, Ишкашим, Хорог, и Дарвоз позволили получить полный ряд данных за период с 1940 по 2015гг.

Результаты приведённых исследований изменения температуры воздуха в годовом ходе, а также их сезонные изменения приведены в табл. 1.

Изучение тренда показывает повышение как среднегодовых, так и сезонных температур воздуха в Каракуле и Мургабе.

Таблица 1.

Величина тренда температуры воздуха по сезонам, °С

Станция	Высота, м	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Мургаб	3576	0,17	0,52	-0,50	0,07	0,8
Каракуль	3932	1,44	0,48	0,92	0,97	0,4
Дарвоз	1288	0,11	-0,46	0,26	0,71	0,12
Хорог	2075	1,57	1,09	-0,08	0,10	0,42
Джавшангоз	3436	0,55	0,59	0,66	0,3	0,54
Ишкашим	2523	1,03	0,96	0,42	0,79	0,97

В годовом ходе изменения температуры воздуха неоднородны, но на всех высотах отмечается её рост. Наименьший рост отмечается в долине Дарвоза на 0,120С, наибольшее повышение отмечается в Мургабе и Ишкашине (0,8-0,970С). Внутригодовое изменение по сезонам различаются наибольшее повышение отмечается в зимний

период от 0,11 в Дарвозе до 1,44 в Каракуле. По результатам трендового анализа можно отметить, что по всем сезонам в Ишкашине и Каракуле отмечается значительный рост температуры воздуха. В весенний период наблюдается понижение температуры на 0,460С в Дарвозе, летом наблюдается понижение температуры в Хороге на 0,080С,

Данные анализа тренда показывают на неоднозначное изменение влагообеспеченности Памира период наблюдений 1940-2015, т.е. уменьшение количества осадков в Мургабской и Дарвозской долине, а также незначительное понижение отмечается

в Хороге и Джавшангозе. В Каракульской, Ишкашимской зонах, наоборот, отмечается их увеличение. В табл. 2 приведены величины тренда количества осадков по сезонам в миллиметрах и в процентном отношении.

Таблица 2

Расчет тренда количества осадков по сезонам, в мм

Станция	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Мургаб	-0,24	-10,56	-1,98	-3,72	-16,5
Каракуль	4,56	9,48	-1,8	5,64	16,56
Дарвоз	-1.77	-89.48	50.27	13.05	-84,83
Хорог	-1.99	-0.60	4.98	0.55	-0,79
Джавшангоз	-6.45	-18.54	0.06	7.74	-2,21
Ишкашим	2.09	10.70	2.86	6.75	21,72
Расчёт тренд количество осадков, в процентах					
Мургаб	-1,87	-2,12	-1,61	-0,79	-2.24
Каракуль	35.08	28.99	-8.57	38.37	20.37
Дарвоз	-1.1	-41.7	179.6	20.0	-16
Хорог	-2.0	-0.5	41.9	1.4	-0,3
Джавшангоз	-16.7	-26.4	0.3	47.4	-1,5
Ишкашим	11.6	15.8	33.2	57.2	18,9

Наиболее сильные изменения в сезонном распределении осадков наблюдаются на территории Дарваза. Здесь, при общем уменьшении годового количества осадков, наблюдается незначительное их уменьшение зимой (-1,77 мм или -1,1%), сильное уменьшение весной (-89,48 мм или -41,7%). В летний период наблюдается очень сильное увеличение (50,27 мм или 179,6%), и гораздо меньшее увеличение осенью (13,05 мм или 20%). На территории Хорога и Джавшангоза изменение сезонных осадков имеет тот же знак, что и в Дарвазе, но отличается величинами изменений. В Хороге наибольшее увеличение приходится на лето (4,98 мм или 41,9%), а в Джавшангозе – осенью (7,74 мм или 47,4%). На территории Ишкашима увеличение количества осадков характерно для всех сезонов. Здесь наибольшее увеличение в количественном отношении приходится на весну (10,70 мм), а в процентном отношении – на осень (57,2%)

При таком раскладе изменения температуры воздуха и суммы осадков можно сказать, что приводит к изменениям снегозапаса и оледенения. Полученный расклад необходимо проверить изменением уровня или расхода воды в низовье каждой реки бассейна р. Пяндж включая реки Шахдара, Гунт, Барганг, Язгулем и Ванч. Памирская часть бассейна охватывает почти всю его территорию (95%).

Питанием главных притоков является ледниково-снеговое. Значительная часть водосбора находится в неблагоприятных условиях увлажнения атмосферными осадками. Общий среднегодовой сток у замыкающего створа «Нижний Пяндж» более 1000 м<sup>3</sup>/с, что соответствует среднему модулю стока  $M = 8,8 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ . Режим стока большинства притоков р. Пяндж в значительной мере определяется наличием в их водосборах большого количества ледников. Доля ледникового стока данных рек колеблется от 17%

(р. Гунт–Хорог) до 49 % (Ванч-Бичхарв) от общего объема их стока. Для определения изменчивости годового стока р. Пяндж использованы годовые данные по постам, расположенным на самой реке за продолжительный период. Распределение среднего годового стока по территории бассейна характеризуется высотным положением водосбора. Основным источником питания

рек бассейна р. Пяндж являются жидкие осадки, талые воды сезонных снегов. Несколько меньшую роль играют ледники и вечные снега. Так как распределение осадков и температура воздуха в бассейне подчинена высотной зональности, то процесс формирования стока зависит от высотного расположения водосборов.

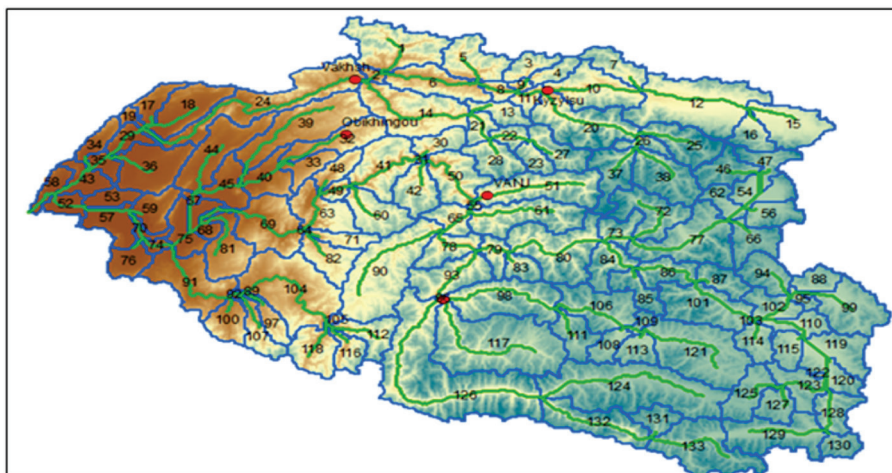


Рис. 1. Схема бассейна р. Амударья - Пяндж и её притоков.

Половодье на реке растягивается с марта, с начала таяния снега и весенних осадков и по август, когда к концу лета истощаются запасы воды и снега на водосборе и снеговая линия поднимается за границу таяния снегов. По истощению в бассейне запасов сезонного снега в формировании стока половодья начинают участвовать ледники и многолетние снежники. Во всех притоках

бассейна р. Пяндж подземное питание составляет 25 – 35% годового стока. Так как р. Пяндж считается рекой ледниково-снегового питания, половодье начинается с марта (на некоторых реках бассейна с апреля – мая) и заканчивается в октябре. Годовые колебания расхода воды на реке Пяндж приведены на рис. 2.

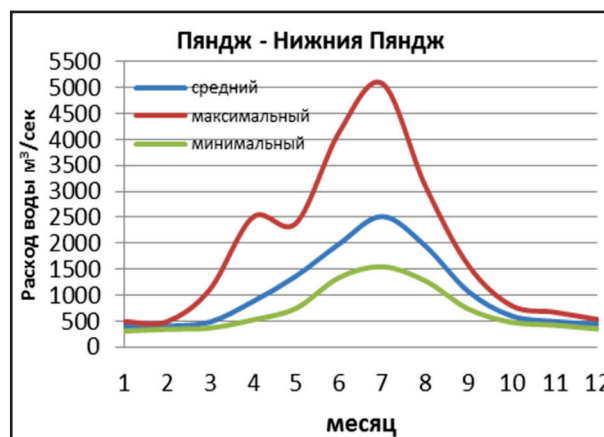
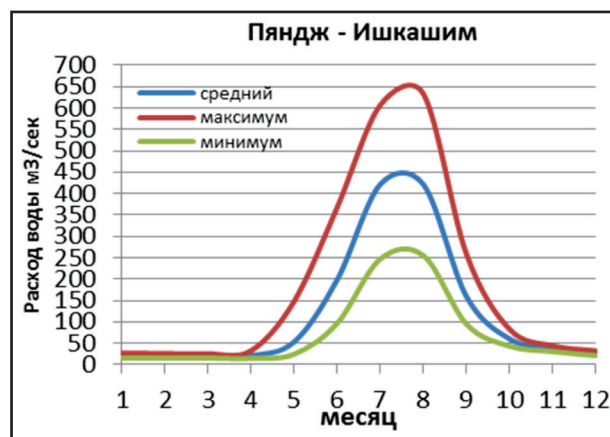


Рис. 2. Гидрографы среднего, максимального и минимального расходов воды по многолетним данным р. Пяндж по постам Ишкашим и Нижний Пяндж.



В верховье р. Пяндж – пос. Ишкашим с площадью водосбора 13 900 км<sup>2</sup>. Пик паводка приходится на июль и август, максимальный расход воды составляет 633 м<sup>3</sup>/с, минимальные расходы наблюдаются с октября по апрель, в годы маловодья расход воды в это время составляет 255 м<sup>3</sup>/с.

В низовье реки Пяндж у створа Нижний Пяндж площадь водосбора составляет 11 300 км<sup>2</sup>. Первый появляется в апреле и зависит от сезонных дождей и таяния снегов и составляет 2520 м<sup>3</sup>/с. Второй же максимум связан с сезонным таянием снега в высокогорьях и ледников, соответственно и составляет в среднем 2517 м<sup>3</sup>/с, в многоводные годы повышается до 5080 м<sup>3</sup>/с, в маловодные опускается в июле до 1550 м<sup>3</sup>/с. За это время проходит 80 – 90% годового стока. Осенью, с прекращением таяния в горах, реки переходят в меженное состояние и расход воды постепенно уменьшается с продолжительностью до апреля–мая. Годовой максимум расхода в среднем многолетнем разрезе наступает в июле, в отдельные годы – в августе, реже в июне. Сток воды за март – июнь составляет около 35% годового стока, за июль – сентябрь ближе к 45% годового. Исходя из этих данных, нами была сделана попытка изучить гидрограф притоков правого берега р. Пяндж (территория РТ). Для достижения данной цели были взяты данные притоков рек Гунт, Бартанг, Язгулем и Ванч.

При анализе выявлено, что для территории Гунта характерно половодье с пиком расхода воды в июле. Средний максимум для поста Гунт - Хорог составляет 320 м<sup>3</sup>/с,

в отдельные годы может подниматься до 552 м<sup>3</sup>/с или опуститься до 135 м<sup>3</sup>/с. Минимальный расход воды наблюдается с ноября по апрель и колеблется в пределах от 62,0 до 22,0 м<sup>3</sup>/с. Река Бартанг (пост Шуджанд) характеризуется максимальными расходами воды в июле и августе и минимальными с декабря по апрель. Средний расход воды в пик половодья составляет 300 – 312 м<sup>3</sup>/с, максимум поднимается до 496 м<sup>3</sup>/с. В маловодные годы расход в половодье опускается до 222 м<sup>3</sup>/с. В период межени расход опускается до 82,3 – 43,9 м<sup>3</sup>/с.

Для р. Язгулем (пост Мотравн) характерен один максимум расхода воды в годовом ходе в июле. Средний расход пика половодья составляет 104 м<sup>3</sup>/с, в многоводные годы он поднимается до 156 м<sup>3</sup>/с, в маловодные опускается до 55,7 м<sup>3</sup>/с. Период межени на реке наблюдается с ноября по апрель, а расход воды колеблется в пределах от 15,6 до 6,20 м<sup>3</sup>/с. Максимум расхода воды на р. Ванч наблюдается в июле. Средний многолетний расход составляет 144 м<sup>3</sup>/с. При жарком лете он может повыситься до 233 м<sup>3</sup>/с, а в маловодные годы понижаться до 85,9 м<sup>3</sup>/с. В период межени расход воды опускается до 25,9 м<sup>3</sup>/с. Период маловодья длится примерно с ноября по март, расход воды в это время составляет примерно 13 м<sup>3</sup>/с.

По исследованию полученных результатов видно, что за базовый период на р. Пяндж (пост Нижний Пяндж) наблюдается снижение расхода воды на 2,74 м<sup>3</sup>/с в год. Тренд составил -82,4 м<sup>3</sup>/с или снижение на 7,9%.

Таблица 3  
Величина тренда расхода воды на р. Пяндж и ее притоках за базовый период

Посты	Норма Q, м <sup>3</sup> /сек	Коэффициент тренда	Общий тренд, м <sup>3</sup> /сек	В % к норме
Пяндж – Нижний Пяндж	1038,2	-2,7457	-82,4	-7,9
Язгулем– Мотравн	35,7	0,0573	1,7	4,8
Бартанг– Шуджанд	135,8	0,3521	10,6	7,8
Гунт– Хорог	101,8	0,6514	19,5	19,2
Ванч – Бичхарв	50,7	0,3994	12,0	23,6

На р. Язгулем наблюдается иная картина, здесь идет общий рост расхода воды стрендом  $+1,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , что означает рост расхода воды на  $4,8\%$  от нормы. На р. Бартанг тренд составил  $10,6 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $7,8\%$ , а на реке Гунт  $19,5 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $19,2\%$  от нормы. На р. Ванч рост расхода воды составил  $12 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $23,6\%$  от нормы. Снижение стока в Нижнем Пяндже можно объяснить уменьшением поступления воды с притоков, расположенных в среднем и нижнем течении. Причиной снижения стока

могут быть как уменьшение осадков в этот период, так и рост объема искусственных водозаборов для поливного земледелия.

При анализе расхода воды по реке Пяндж и ее притокам за период 1940-1990 гг. указывают на то, что на посту Нижний Пяндж расход воды в целом уменьшился, тренд за 1940 – 1987 гг. составил  $-75,5 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $-7,3\%$ ), что близко к величине тренда за базовый период.

Таблица 4.

Величина тренда расхода воды на р. Пяндж и ее притоках за период наблюдений 40 – 1990 гг.,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Посты	Норма расходов, $\text{м}^3/\text{с}$	Коэффициент тренда	Общий тренд, $\text{м}^3/\text{с}$	В% к норме
Пяндж – Нижний Пяндж	1038,2	-1,5107	-75,5	-7,3
Язгулем-Мотравн	35,7	-0,0232	-1,2	-3,2
Бартанг-Шуджанд	135,8	0,2113	10,6	7,8
Гунт-Хорог	101,8	0,0328	1,6	1,6
Ванч-Бичхарв	50,7	0,0868	4,3	8,6

Трендовый анализ расхода воды на р. Язгулем (пост Мотравн) за этот период, в отличие от положительного тренда расходов за базовый период, показывает небольшое снижение на  $-1,2 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $-3,2\%$ . Тренд расхода воды на р. Бартанг (пост Шуджанд), также положительный и величина тренда за весь период наблюдений составила  $10,6 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $7,8\%$ ), что соответствует величине тренда за базовый период. На р. Гунт наблюдается небольшое увеличение расхода воды аналогично другим притокам Пянджа. Тренд составил  $1,6 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $1,6\%$ ). Тем не менее, за весь период с 1940 по 2015 гг. наблюдается спад расхода – тренд составил  $-5,9 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $-5,8\%$ ).

#### Выводы

При исследовании изменения температуры воздуха выявлено её незначительное повышение, что может вызвать резкое таяние ледников и с последующим увеличением стока рек. Уменьшение количества осадков в зимний период влияет на накопление снеготазпасов и пополнению ледниковых массивов в верховьях реки, что в дальнейшем

может привести к снижению общего стока рек. Рост выпадения жидких осадков может сопровождаться резким увеличением стока в теплый период года и возрастанием риска чрезвычайных ситуаций в бассейнах горных рек.

#### Список литературы:

1. Атлас - Природные Ресурсы Таджикской ССР. I, IV. (1983). Современное Оледенение - Душанбе-Москва.
2. Бабушкин, Л.Н. (1964). Агроклиматическое районирование Средней Азии, Москва: Научные труды ТашГУ.
3. Будыко М.И. (1980) Климат в прошлом и будущем. Ленинград: ГМИ - 1980.
4. Государственный Водный Кадастр (1987). Многолетние Данные о Режиме и Ресурсах Поверхностных Вод Суши. Том Х11. Таджикская ССР. – Ленинград: Гидрометеоиздат.- 1987. -350 с.
5. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. (1989), Ледники. Москва: Мысль-1989.
6. Ежегодник водных ресурсов. водного хозяйства и энергетики Таджикистана.

- (Памир) (2017) Министерство энергетики и водных ресурсов РТ. – Душанбе.
7. Исаченко, А. Г. (2004). Теория и методология географической науки. Москва.: Издательский центр «Академия».
  8. Каталог Ледников СССР, (1960-1970). Том 14, часть 14 бассейн р. Мургаб.
  9. Махмадалиев Б.У. (2003). Национальный план действий республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата. Душанбе.
  10. Махмадалиев Б.У. (2008) Второе Национальное Сообщение РТ по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Душанбе.
  11. Мирзохонова, С.О. (2017) Мониторинг метеорологических условий верховья трансграничной реки Амударья. Наука и инновация. Научный журнал. №1, 207-212.
  12. Муртазаев, У.И. Бобиев Д.Ф. (2015). Адаптированные стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата, фиксируемого в Республике Таджикистан. Международному десятилетию действий «Вода для жизни» (2005-2015). –Душанбе: 90-94.
  13. Хакимов, Ф.Х, Мирзохонова С.О., Мирзохонов О.В. (2006). Изменение температурного режима на территории Восточного Памира. Доклады Академии наук Республики Таджикистан Т. 49, №10-12, 948-954.
  14. Хакимов, Ф.Х., Мирзохонова С.О., Мирзохонов О.В. (2005). Проблема изменения климата в Таджикистане и его последствия. Вестник национального университета. №3, 151-156.

УДК 556

### КРУПНЫЕ ЛЕДНИКИ БАССЕЙНА РЕКИ ГУНТ, (ПАМИР ТАДЖИКИСТАН)

Каюмов А., Наврузиоев Х.Д\*., Кабутов Х.К.

Директор ГНУ «ЦИЛ» НАН Таджикистана, профессор

\*Старший научный сотрудник ГНУ «ЦИЛ» НАН Таджикистана

Заведующий отделом «Мониторинг ледников, криосфера, гляциология и ГИС технология» ГНУ «ЦИЛ» НАН Таджикистана

\*Тел: (+992) 502040082; E-mail: nhd140704@gmail.com

**Аннотация.** Дана оценка изменения площадей крупных ледников бассейна реки Гунт с 1977 по 2020гг. При исследовании использованы спутниковые снимки Sentinel 2A и Landsat. Целью данной работы является определение деградации крупных ледников бассейна реки Гунт в условиях изменения климата. При исследовании ледников Сафедоб и Карла Маркса выявлено, что языковая часть данных ледников отступила.

**Ключевые слова:** река Гунт, оледенение Памира, деградация ледников, изменение климата, температура, осадки.

**Annotation.** The change of large glaciers areas in the Gunt river basin from 1977 to 2020 is estimated. Sentinel 2A and Landsat satellite images were used for the research. The goal of this study is to determine the degradation of large glaciers in the Gunt River basin provided by climate change. During studying the Safedob and Karl Marx glaciers, it was revealed that the down part of these glaciers retreated.

**Key words:** Gunt river, Pamir glaciation, glacier degradation, climate change, temperature, precipitation.