

ДЕГРАДАЦИЯ ЛЕДНИКОВ ТАДЖИКИСТАНА И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА РЕЧНОЙ ВОДНЫЙ СТОК

Доктор технических наук Г.Н. ПЕТРОВ
(Центр Инновационного развития науки
и новых технологий Национальной академии наук
Республики Таджикистан)

DOI: 10.7868/50233361922110064

Глобальное потепление, одной из причин которого является антропогенная деятельность, является одним из самых серьёзных вызовов современности. В рамках борьбы с ним предусмотрен целый ряд мер, оформленных в виде Киотского протокола (1997 г.) и Парижского соглашения (2015 г.), которые подписаны большинством стран мира. В рамках этой парадигмы страны Центральной Азии, особенно Таджикистан и Киргизстан, рассматривают современную деградацию их ледников, как крайне негативное явление, как для экологии, так и для хозяйственной деятельности, в первую очередь для таких жизненно важных отраслей, как ирригация и гидроэнергетика. При этом многочисленные эксперты считают, что при сохранении нынешних темпов таяния через полвека на Памире исчезнут все ледники.

На территории Таджикистана существуют 13 тысяч больших и малых ледников¹, по официальным данным 9139², и он является одной из стран, принимающих наиболее активное участие в борьбе за их сохранение. В течение всех последних лет на различных международных форумах и встречах, вклю-

чая сессии Генеральной Ассамблеи ООН, президент Таджикистана Э. Рахмон пытается привлечь внимание мировой общественности к проблеме исчезновения и таяния ледников и выработать план совместных усилий по борьбе с этим экологическим катаклизмом. На заседании Международного фонда спасения Арала, в городе Туркменбаши (Туркменистан) в августе 2018 г., он оценил ситуацию, как крайне тревожную: “За последние десятилетия Таджикистан потерял свыше 30% от общего объёма ледников”. Поэтому Таджикистан призывает мировое сообщество создать международный фонд по защите ледников.

Таким образом, сегодня, как во всём мире, так и в Таджикистане сформировалось общее представление, что таяние ледников – однозначно негативное явление, а их полное исчезновение – уже экологическая катастрофа. К сожалению, всё это слабо подтверждено фактологическим материалом. Систематические инструментальные наблюдения за ледниками в республике не производятся уже более 30 лет и точка зрения об их интенсивном таянии и резком, на 30%, уменьшении их объёма за последние четверть века, по-видимому, является необоснованной. Это показывает простой расчёт. Общий объём льда³ в ледниках Таджикиста-

¹ В Таджикистане начаты фундаментальные исследования в области криосферы. URL: <https://e-cis.info/news/569/85258/>

² Ледники Таджикистана. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ледники_Таджикистана#cite_note-5-2

³ Там же.

на 559 км³. Одна треть от этого объёма составляет 186.3 км³. Ежегодный объём образуемой при этом воды, при равномерном таянии такого объёма ледников в течение каждого из этих 30 лет, должен был бы увеличить водность рек Таджикистана на 7.45 км³/год. Этого нельзя было бы не заметить. Но в действительности ничего такого не произошло, все эти годы в Таджикистане наблюдался очень небольшой рост водности.

Фактический рост водности рек в Таджикистане можно оценить по наблюдениям р. Вахш. Согласно рис. 1, средняя водность р. Вахш за весь период наблюдений с 1950 г. ежегодно возрастала на 0.0254 км³ (на 0.1259% от среднегодового стока реки, равного 20.18 км³/год)⁴. За счёт этого суммарный дополнительный объём речного стока за 25-летний период равен 7.94 км³:

$$1/2 \cdot 0.001259 \cdot 20.18 \cdot 252 = 7.94 \text{ км}^3,$$

Река Вахш – характерный представитель всех рек Таджикистана (она пересекает всю территорию страны и все её климатические зоны), поэтому при такой же динамике для всех рек республики, для которых общий среднемноголетний годовой сток равен 59.7 км³/год⁵, общий объём дополнительного стока за последние 25 лет равен 23.49 км³:

$$1/2 \cdot 0.001259 \cdot 59.7 \cdot 252 = 23.49 \text{ км}^3$$

На самом деле действительное уменьшение объёма ледников может быть ещё меньше, так как на рост водности рек кроме таяния ледников

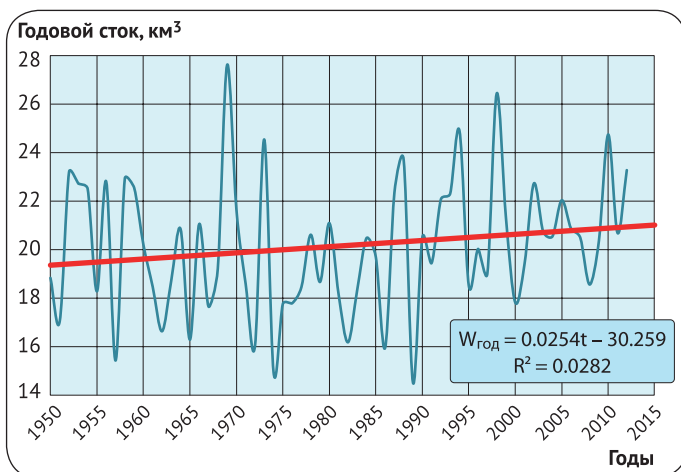


Рис. 1.
Динамика годового стока реки Вахш.
Источник: расчёты автора.

непосредственное влияние оказывает также увеличение количества атмосферных осадков, в свою очередь вызванное самим глобальным изменением климата⁶.

В соответствии с рис. 2, увеличение атмосферных осадков на 1 мм/год повышает водный сток р. Вахш на 0.0358 км³/год. При этом общий наблюдаемый рост количества осадков в Таджикистане с 1940 по 2014 г. составил 5–10%, или при средней их величине 400 мм⁷, на 20–40 мм/год. Принимая в первом приближении, что увеличение осадков происходило равномерно в течение всего наблюдаемого периода, получаем, что их рост происходил со скоростью 0.312–0.625 мм/год. Это обеспечивало ежегодный рост среднегодового стока р. Вахш на 0.0112–0.0224 км³. За счёт этого за весь 25-летний период

⁴ Петров Г.Н., Ахмедов Х.М. Энергетика Таджикистана Стратегия развития и пути повышения эффективности. Душанбе, 2017.

⁵ Петров Г.Н., Ахмедов Х.М. Комплексное использование водно-энергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. Современное состояние, проблемы и пути решения. Душанбе, 2011.

⁶ Петров Г.Н., Ахмедов Х.М. Энергетика Таджикистана Стратегия развития и пути повышения эффективности. Душанбе, 2017; Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли / Под ред. В.И. Корзун, А.А. Соколова. Л., 1974.

⁷ Национальная стратегия адаптации к изменению климата республики Таджикистан на период до 2030 года. Постановление Правительства Республики Таджикистан от 2 октября 2019 года, № 482. Душанбе, 2019. URL: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/taj190980.pdf>

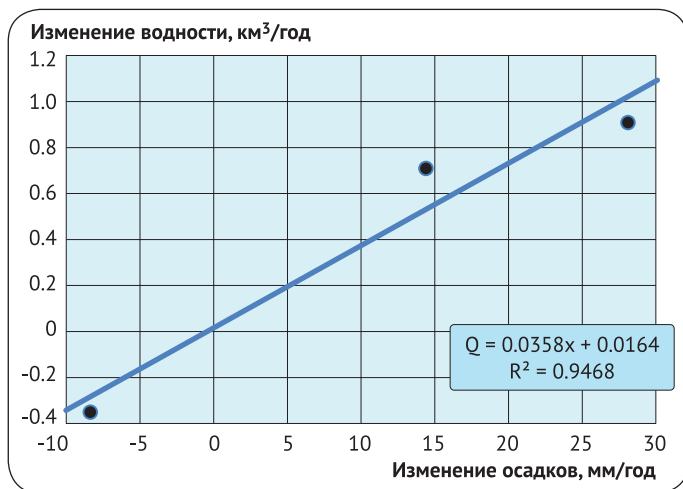


Рис. 2.
Изменение водности р. Вахш от изменения количества осадков. Источник: расчёты автора.

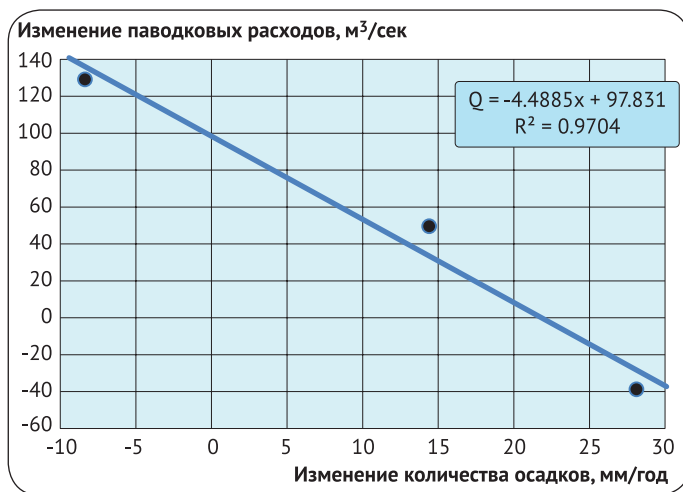


Рис. 3.
Изменение паводковых расходов р. Вахш от изменения количества осадков. Источник: расчёты автора.

суммарный дополнительный объём стока р. Вахш составил:

$$\frac{1}{2} \cdot (0.0112 - 0.0224) \cdot 252 = 3.5\text{--}7.0 \text{ км}^3$$

Это 17.3–34.7% от среднегодового стока р. Вахш. Принимая, как и в расчётах выше, что все климатические зависимости для общей водности

республики такие же, как и для р. Вахш, и учитывая, что общая водность рек, формирующихся в Таджикистане в 2.96 раз больше водности р. Вахш ($59.7/20.18 = 2.96$), окончательно получим, что объём дополнительного объёма стока всех рек республики за счёт непосредственного роста атмосферных осадков за последние 25 лет равен: $10.3\text{--}20.7 \text{ км}^3$. При этом, согласно рис. 3, рост количества атмосферных осадков, кроме увеличения водности рек также несколько оптимизирует режим стока – снижает паводковые расходы⁸.

Для большей убедительности, расчёты, аналогичные выполненным с использованием связи водности рек с атмосферными осадками (см. рис. 2) можно выполнить также на основе связи водности с температурой воздуха (рис. 4). Согласно рис. 4, при повышении температуры воздуха на 1°C , среднегодовой сток р. Вахш возрастает на 2.755 км^3 . При этом наблюдаемое повышение температуры в Таджикистане с 1936 по 2014 г. составило в среднем $0.01\text{--}0.05 \text{ град/год}$ ⁹.

За счёт этого ежегодный рост среднегодового стока р. Вахш составлял $0.027551\text{--}0.137755 \text{ км}^3$.

В итоге за 25-летний период суммарный дополнительный объём стока

⁸ Петров Г.Н., Ахмедов Х.М. Энергетика Таджикистана Стратегия развития и пути повышения эффективности. Душанбе, 2017.

⁹ Там же.

р. Вахш за счёт роста температуры воздуха составил:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \cdot (0.027551 - \\ & - 0.137755) \cdot 252 = \\ & = 8.6-43 \text{ км}^3 \end{aligned}$$

Это 42.7–213.3% от среднегодового стока р. Вахш. Опять принимая, что все климатические зависимости для общей водности республики такие же, как и для р. Вахш, и учитывая, что общая водность рек, формирующихся в Таджикистане в 2.96 раз больше водности р. Вахш, для этого случая будем иметь, что объём дополнительного объёма стока всех рек республики за счёт непосредственного роста атмосферных осадков за последние 25 лет равен: 25.5–127.4 км³. В этом случае, отбросив максимальное значение этого диапазона (127.4 км³), как явно завышенное по отношению к реальному росту водности р. Вахш (см. рис. 1), и, соответственно, всего Таджикистана, получаем, что весь рост водности в республике за последние 25 лет может быть объяснён непосредственным следствием глобального потепления и связанным с ним увеличением атмосферных осадков.

Этот анализ показывает, что все озвучиваемые сегодня даже на самом высоком уровне данные о таянии ледников Таджикистана завышены как минимум в 8 раз ($186.3/23.49 = 7.93$).

Нужно также отметить, что признание ледников источниками питания рек несколько условно. Жизненный цикл ледника включает несколько стадий, на каждой из которых они выполняют разные функции:

- ▶ изъятие части водных ресурсов из общего цикла круговорота воды в природе и аккумуляция их в виде льда в горных массивах – на стадии формирования ледников;

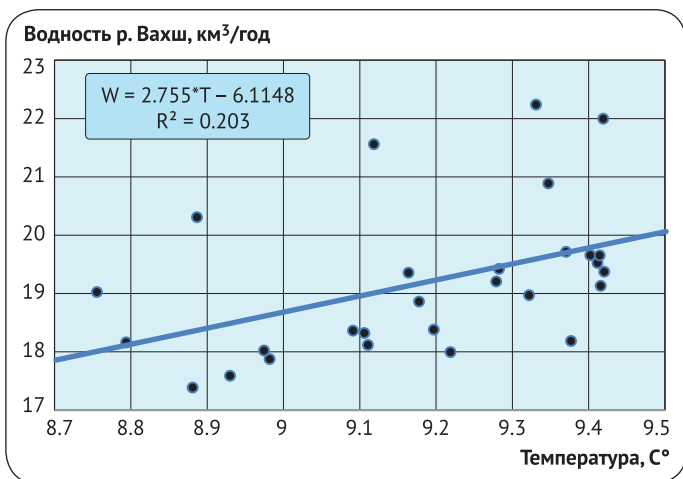


Рис. 4.
Зависимость водности р. Вахш от средней температуры воздуха по Таджикистану.
Источник: расчёты автора.

- ▶ регулирование речного стока за счёт абляции¹⁰ – на стадии стабилизации ледников;

- ▶ добавление водных ресурсов в круговорот воды в природе – на стадии таяния, деградации.

То есть источником питания рек ледник становится только при его деградации, но это временное явление¹¹. И на всех этих стадиях ледники выполняют ещё одну функцию – регулирование речного водного стока. В стабильном состоянии ежегодная аккумуляция воды в леднике равна его годовой абляции, в основном представляющей из себя таяние ледника¹². То есть стабильный ледник в холодное время года изымает часть воды из её кругооборо-

¹⁰ Абляция – уменьшение массы ледника вследствие таяния, испарения, сдувания снега ветром, обвалов льда и откалывания айсбергов.

¹¹ Именно эта ситуация имеет место сегодня в Таджикистане и во всех странах Центральной Азии.

¹² Например, доля испарения в общей абляции ледников бассейна р. Кафирниган не превышает 2%, а на Восточном Памире она составляет 15–20%: Соколов. Л.Н. Сравнительная характеристика оледенения контрастных в ороклиматическом отношении горных районов Таджикистана. 11.00.07 – гидрология суши, водные ресурсы. Дисс. на соиск. учён. степ. канд. геогр. наук. Душанбе, 1983 г.

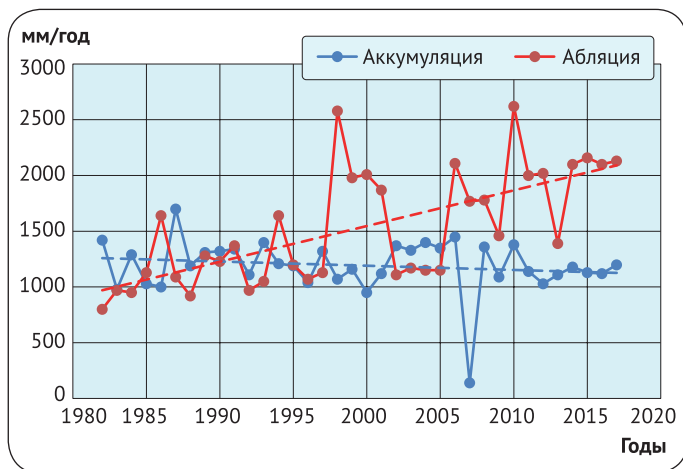


Рис. 5.
Аккумуляция и абляция ледника Гарабаши.
Источник: Ледники и климат Эльбруса. М.; СПб., 2020.

та, а в теплое время года возвращает это же количество воды в виде речного и поверхностного стока. Поэтому в стабильном состоянии ледник является не источником питания, а сезонным регулятором речного стока. В этом отношении у него есть полезный объем, как в водохранилищах.

Как уже отмечалось, в Таджикистане за последние 30 лет не проводилось каких-либо инструментальных наблюдений за ледниками, поэтому оценить их регулируемую способность можно только по аналогам. В качестве наиболее подходящего для этого можно принять Ледник Гарабаши в Приэльбрусье¹³, широта и высота расположения которого (43.2992; 3487 м) практически такие же, как у самого крупного в Таджикистане ледника Федченко (38.80; 4169 м.).

Согласно рис. 5, годовая абляция ледника Гарабаши в среднем за весь период наблюдений с 1983 г. равна 1530 мм. Если принять, что абляция ледников Таджикистана такая же, как на леднике Гарабаши, то при общей их площади¹⁴ 8476 км², их регулирующая

способность будет составлять всего 12.97 км³. То есть полезный, или участвующий в регулировании речного стока объем ледников Таджикистана очень небольшой – всего 2.3% (12.97/559 · 100), против 30% у действующего Нурекского и 75% у строящегося Рогунского водохранилищ. Соответственно, во столько же раз ниже регулирующая способность ледников по сравнению с водохранилищами.

Всё остальное в леднике – бесполезный или по терминологии, принятой в гидроэнергетике, мертвый объем.

Так какие же последствия может иметь таяние и исчезновение ледников. Во-первых, это приведёт к увеличению общего объема воды, совершающей свой круговорот в природе и как следствие, росту речного водного стока. Во-вторых, это уменьшит естественное регулирование речного стока, осуществляемое ледниками.

Негативное влияние на хозяйственную деятельность, прежде всего на орошаемое земледелие и гидроэнергетику, может оказать только снижение регулирующей способности ледников при их таянии и деградации. Но, как показывают приведённые выше расчёты, она довольно незначительна – 12.97 км³/год. Поэтому возведение даже ещё одной крупной ГЭС, такой, как Рогунская¹⁵, с водохранилищем, объемом 13.3 км³, строящейся сегодня в Таджикистане, может компенсировать потерю ледников и полностью решить их проблему¹⁶.

¹⁵ Рогунская ГЭС. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рогунская_ГЭС.

¹⁶ Сегодня в Таджикистане построено и эксплуатируется 11 водохранилищ различного назначения. Наиболее крупные из них: Кайраккумское, расположенное в северной части, и Нурекское – в центральной части Таджикистана. Общая акватория всех водохранилищ составляет 664 км²,

¹³ Ледники и климат Эльбруса. М.; СПб., 2020.

¹⁴ Ледники Таджикистана. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ледники_Таджикистана#cite_note-B-2

В той или иной мере все эти факты были известны уже достаточно давно. Именно поэтому выдающийся русский климатолог Михаил Иванович Будыко предлагал повисить регулиующую водный сток способность ледников Центральной Азии за счёт распыления сажи на их поверхности с целью их более эффективного включения в кругооборот воды¹⁷. И такой эксперимент в 60-х годах прошлого века был успешно осуществлён в Таджикистане. Также можно отметить, что М.И. Будыко, кстати, первый введший в международный оборот термин глобальное потепление, подчёркивал неоднозначность самого процесса глобального потепления, но при этом оценивал его в целом, как положительный фактор.

полный объём 15.344 км³, в том числе полезный 7.63 км³: Водные ресурсы. Министерство энергетики и водных ресурсов республики Таджикистан. URL: https://www.mewr.tj/?page_id=390.

¹⁷ Будыко М.И. Влияние человека на климат. Л., 1972.

ВЫВОДЫ

Современная деградация ледников Центральной Азии является следствием глобального потепления и может быть использована как индикатор глобального изменения климата.

Таяние ледников и даже полное их исчезновение может лишь увеличить интенсивность кругооборота воды в регионе, что в свою очередь несколько увеличит речной водный сток.

Единственным негативным моментом при этом может быть снижение способности ледников регулировать речной водный сток. Адаптация к этому при использовании водных ресурсов в орошаемом земледелии и гидроэнергетике может быть обеспечена строительством нескольких дополнительных регулирующих водохранилищ, общий объём которых сравним с объёмом одного водохранилища, строящегося сегодня в Таджикистане Рогунского гидроузла.



А вы отправили обязательный экземпляр?

Издательство «Наука» предлагает организациям и независимым издателям услугу по отправке Обязательного Электронного Экземпляра в Российскую государственную библиотеку и Российскую книжную палату

При размещении научных, научно-популярных книг и журналов в Электронной библиотечной системе Издательства «Наука» (libnauka.ru) данную услугу мы предоставляем бесплатно
Задать вопрос и узнать о стоимости услуги вы можете по адресу ooo@naukaran.com