

МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ ИЛМИИ
«МАРКАЗИ ОМУЗИШИ ПИРЯХҲОИ
АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН»



КРИОСФЕРА CRYOSPHERE

№ 1-2 (1) 2021

Душанбе
2021



ISSN 2789-8326

КРИОСФЕРА

Муассиси маҷалла:

МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ ИЛМИИ «МАРКАЗИ ОМУЌИШИ ПИРЯХҲОИ АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН»

Маҷаллаи илмӣ-назариявӣ “Криосфера” соли 2021 таъсис ёфта, дар давоми як сол чаҳор шумора нашр мешавад. Маҷалла таҳти №194/МҚ аз 15 мартӣ соли 2021 дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст.

Сармуҳаррир: Абдулҳамид ҚАҶОМОВ – академики Академияи байналмилалӣ оид ба бехатарии ҳаёт, академики Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон, профессор

Муовини сармуҳаррир: Сабур АБДУЛЛОЕВ – доктори илмҳои физикаю математика.

Ҳайати таҳририя:

Зайналобиддин КОБУЛӢ – узви вобастаи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон,
доктори илмҳои техникӣ, профессор;

Абдуфаттоҳ РАҲИМОВ – доктори илмҳои география, профессор;

Холназар МУҲАББАТОВ – доктори илмҳои география, профессор;

Уктам МУРТАЗОЕВ – доктори илмҳои география, профессор;

Садириддин АБДУРАҲИМОВ – доктори илмҳои геологияю минерология;

Аҳрорҷон ҚАЛАНДАРОВ – номзоди илмҳои география;

Амриддин САМИЕВ – номзоди илмҳои география;

Муборакшо ТАБАРУКОВ – номзоди илмҳои география.

Ҳайати таҳририяи байналмилалӣ:

Мартин ҲОУЛЗЛ – профессор (Швейтсария);

Майкл ЗЕМП – профессор (Швейтсария);

Франческа ПЕЛЛИКСИОТТИ – профессор (Швейтсария);

Владимир КОНОВАЛОВ – профессор (Москва);

Шичанг КАНГ – профессор (Хитой);

Кристина ТОВМАСЯН – доктор Phd (Қазоқистон);

Эван МАЙЛЗ – доктор Phd (ИМА);

Александр ЕГОРОВ – доктор Phd (Қазоқистон);

Дмитрий ПЕТРАКОВ – доктор Phd (Москва);

Томас САКС – доктор Phd (Швейтсария).

МУНДАРИЧА

ГЛЯТСИОЛОГИЯ

1. **А.Қ.Қаюмов.** Вазъи ҳозира ва дурнамои омӯзиши пирахии Федченко дар шароити тағйирёбии иқлим 8-33
2. **А.Қ.Қаюмов, Ҳ.Д.Наврузшоев.** Вазъи ҳозираи яхбандии ҳавзаи дарёи Друмдара (ҳавзаи дарёи Ғунд) 34-44
3. **М.Петров, Т.Сакс, Ф.Акбаров, Х.Мамиров, С.Суванкулов.** Мушоҳидаҳои тавозуни массаи пирахии Баркрак Средний (Тяншони Ғарбӣ) ҳамчун қисми мониторинги глобалии криосфера, ки аз тарафи WGMS (Хизмати мониторинги умумииттифоқии пирахҳо) 45-52
4. **А.Қ.Қаюмов, А.Давлятова, Х.Кабутов, У.Убайдуллоев, Х.Толибов.** Тавсифи тағйирёбии масоҳати пирахҳои ҳавзаи дарёи Писода..... 53-61
5. **А.Қ.Қаюмов, У.Амиров, Х.Кабутов, Ҳ.Д.Наврузшоев.** Арзёбии раванди коҳишёбии пирахҳои шохобҳои дарёи Иштансалдӣ дар ҳавзаи дарёи Сурхоб 62-71
6. **Г.У.Умирзаков, К.Р.Рахмонов, Х.А.Мамиров, Ф.Н.Акбаров, Г.Б.Зулпихаров.** Тағйироти тавозуни массаи пирахии Баркрак Средний дар зери таъсири омилҳои иқлимӣ ва саҳми он дар ташаккули маҷрои дарёи Ойгаинг 72-78
7. **А.Қ.Қаюмов, С.Т.Ғозиев, У.Р.Убайдуллоев, Х.Қ.Кабутов, Ҳ.Д.Наврузшоев.** Ҳолати имрӯзаи пирахҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ дар раванди тағйирёбии иқлим..... 79-87
8. **А.Қ.Қаюмов, Р.Расулзода., Х.Кабутов.** Омӯзиши ҳолати пирахҳои ҳавзаи дарёи Дарай-Даршай..... 88-98
9. **А.Қ.Қаюмов, Д.Камолова, А.Шомаҳмадов, Х.Кабутов.** Омӯзиши пирахҳои ҳавзаи дарёи Сурхоб дар болооби дарёи Наукрум 99-108

КРИОСФЕРА

10. **Н.В.Пиманкина, Ж.Такибаев.** Тағйирёбии дарозмуддати захираҳои барф дар Олтойи Қазоқистон 109-122

КЛИМАТОЛОГИЯ

11. **А.Қ.Қаюмов, А.М.Шомаҳмадов, М.Т.Сафаров.** Таҳлили шароити обу ҳаво ва робитаи он бо рӯйдоди офатҳои табиӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон солҳои 2019-2021..... 123-139
- АХБОРИ ҲОДИСАҲО..... 140-159**



ISSN 2789-8326

КРИОСФЕРА

Учредитель журнала:

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА»

Научно-теоретический журнал «Криосфера» основан в 2021 году и выходит четыре номера в год. Журнал зарегистрирован под №194 / МЧ с 15 марта 2021 года в Министерстве культуры Республики Таджикистан.

Главный редактор: Абдулхамид КАЮМОВ - академик Международной академии наук безопасности жизнедеятельности, академик Инженерной академии Республики Таджикистан, профессор

Заместитель главного редактора: Сабур АБДУЛЛОЕВ - доктор физико-математических наук.

Редакционная коллегия:

Зайналобиддин КОБУЛИ - член-корреспондент Национальной академии наук Таджикистана;

Абдуфаттох РАХИМОВ - доктор географических наук, профессор;

Холназар МУХАББАТОВ - доктор географических наук, профессор;

Уктам МУРТАЗОЕВ - доктор географических наук, профессор;

Садириддин АБДУРАХИМОВ - доктор геолого-минералогических наук;

Ахрорджон КАЛАНДАРОВ - кандидат географических наук;

Амриддин САМИЕВ - кандидат географических наук;

Муборакшо ТАБАРУКОВ - кандидат экономических наук.

Международный редакционный совет:

Мартин ХЕЛЬЦЛЕ - профессор (Швейцария);

Майкл ЗЕМП - профессор (Швейцария);

Франческа ПЕЛЛИКСИОТТИ - профессор (Швейцария);

Владимир КОНОВАЛОВ - профессор (Москва);

Шичанг КАНГ – профессор (Китай);

Кристина ТОВМАСЯН - доктор Phd (Казахстан);

Эван МАЙЛЗ - доктор Phd (США);

Александр ЕГОРОВ - доктор Phd (Казахстан);

Дмитрий ПЕТРАКОВ - доктор Phd (Москва);

Томас САКС - доктор Phd (Швейцария).

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛЯЦИОЛОГИЯ

1. **А.К.Каюмов.** Современное состояние ледника Федченко в условиях изменения климата..... 8-33
2. **А.К.Каюмов, Х.Д.Наврузшоев.** Современное состояние оледенения бассейна реки Друмдара (бассейн реки Гунт) 34-44
3. **М.Петров, Т.Сакс, Ф.Акбаров, Х.Мамиров, С.Суванкулов.** Наблюдения баланса массы ледника Баркрак Средний (Западный Тянь-Шань), как часть глобального мониторинга криосферы проводимого WGMS (всемирная служба мониторинга ледников) 45-52
4. **А.К.Каюмов, А.Давлятова, Х.Кабутов, У.Убайдуллоев, Х.Толибов.** Описание изменения площади ледников в бассейне реки Писода 53-61
5. **А.К.Каюмов, У.Амиров, Х.Кабутов, Х.Д.Наврузшоев.** Оценка деградации ледников притока реки Иштансалды бассейна реки Сурхоб дистанционным методом..... 62-71
6. **Г.У.Умирзаков, К.Р.Рахмонов, Х.А.Мамиров, Ф.Н.Акбаров, Г.Б.Зулпихаров.** Изменение баланса массы ледника Баркрак Средний, под влиянием климатических факторов и его вклад в формирование стока реки Ойгаинг..... 72-78
7. **А.К.Каюмов, С.Т.Гозиев, У.Р.Убайдуллоев, Х.К.Кабутов, Х.Д.Наврузшоев.** Текущее состояние ледников бассейна реки Ситарги в ходе изменения климата 79-87
8. **А.К.Каюмов, Р.Расулзода., Х.Кабутов.** Изучение состояния ледников в бассейне реки Дарай-Даршай 88-98
9. **А.К.Каюмов, Д.Камолова, А.Шомахмадов, Х.Кабутов.** Исследование ледников верховья реки Наукрум бассейне реки Сурхоб 99-108

КРИОСФЕРА

10. **Н.В.Пиманкина, Ж.Такибаев.** Многолетняя изменчивость снежных ресурсов в Казахстанском Алтае..... 109-122

КЛИМАТОЛОГИЯ

11. **А.К.Каюмов, А.М.Шомахмадов, М.Т.Сафаров.** Анализ погодных условий и их связь с возникновением стихийных бедствий в Таджикистане 2019-2021 гг..... 123-139
- ХРОНИКА СОБЫТИЙ..... 140-159**



ISSN 2789-8326

CRYOSPHERE

Founder of the journal:

STATE SCIENTIFIC INSTITUTION "GLACIERS STUDY CENTER OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF TAJIKISTAN"

The scientific and theoretical journal "Cryosphere" was founded in 2021 and is published four issues a year. The journal is registered under No. 194 / MJ since March 15, 2021 at the Ministry of Culture of the Republic of Tajikistan.

Editor-in-Chief: Abdulhamid KAYUMOV - Academician of the International Academy of Life Safety Sciences, Academician of the Engineering Academy of the Republic of Tajikistan, Professor

Deputy Editor-in-Chief: Sabur ABDULLOEVI - Doctor of Physical and Mathematical Sciences;

Editorial team:

Zainalobiddin KABULI - Corresponding Member of NAST, Doctor of Technical Sciences, Professor;

Kholnazar MUKHABBATOV - Doctor of Geographical Sciences, Professor;

Uktam MURTAZOEVI - Doctor of Geographical Sciences, Professor;

Sadiriddin ABDURAHIMOV - Doctor of geological and mineralogical sciences;

Ahrorjon KALANDAROV - Candidate of geographical sciences;

Amriddin SAMIEV - Candidate of geographical sciences;

Muboraksho TABARUKOV - Candidate of geographical sciences.

International Editorial Board:

Martin HOELZLE - Professor (Switzerland);

Michael ZEMP - Professor (Switzerland);

Francesca PELLICCIOTTI - Professor (Switzerland);

Vladimir KONOVALOV - Doctor of Geographical Sciences (Moscow);

Shichang KANG – Professor (China);

Kristine TOVMASYAN - Dr Phd (Kazakhstan);

Yegorov Alexandr - Dr Phd (Kazakhstan);

Evan MILES - Dr Phd (USA);

Dmitry PETRAKOV - Dr Phd (Moscow);

Tomas SAKS - Dr Phd, (Switzerland).

CONTENT

GLACIOLOGY

1. **A.K. Kayumov.** Current status and prospects for studying the Fedchenko glacier under conditions of climate change 8-33
2. **A.K.Kayumov, H.D.Navruzshoev.** Current status of glaciation of the Drumdara river basin (Gunt river basin) 34-44
3. **M.Petrov, T.Saks, F.Akbarov, H.Mamirov, S.Suvankulov.** Observations of the mass balance of the Barkrak Sredny Glacier (Western Tien Shan), as part of the global monitoring of the cryosphere conducted by WGMS (World Glacier Monitoring Service) 45-52
4. **A.K.Kayumov, A.Kh. Davlyatova, Kh.K.Kabutov. U.R.Ubaydulloyev, Kh.Tolibov.** Description of change in glacier area in the Pisoda river basin 53-61
5. **A.K.Kayumov, U.A.Amirov, Kh.K.Kabutov, H.D.Navruzshoev.** Estimation of glacier degradation of the Ishtansalda river in the Surkhob river basin by remote method 62-71
6. **G. U. Umirzakov, K. R. Rakhmonov, Kh. A. Mamirov, F. N. Akbarov, G. B. Zulpikharov.** Changes in the mass balance of the Barkrak Sredny glacier under the Influence of climatic factors and its contribution to the formation of the Oygaing river runoff..... 72-78
7. **A.K.Kayumov, S.T.Goziev, U.R.Ubaydulloyev, K.Kh.Kabutov, H.D.Navruzshoev.** Current state of glaciers in the Sitargi river basin during climate change 79-87
8. **A.K.Kayumov, R.Rasulzoda, Kh.K.Kabutov.** Research of the state of glaciers in the Daray-Darshai river basin 88-98
9. **A.K.Kayumov, D.Kamolova, A.Shomahmadov, Kh.Kabutov.** Research of glaciers in the Surkhob river basin in the upper course of the Naukrum river 99-108

CRYOSPHERE

10. **N.V. Pimankina, Zh. Takibaev.** Long-term variability of snow resources in the Kazakhstan Altai 109-122

CLIMATOLOGY

11. **A.K.Kayumov, A.M.Shomakhmadov M.T.Safarov.** Analysis of weather conditions and their relationship with the occurrence of natural disasters in Tajikistan 2019-2021..... 123-139

CHRONICLE OF EVENTS..... 140-159

УДК 551.324.63

А.К.КАЮМОВ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКА ФЕДЧЕНКО В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

*Академик МАНЭБ, академик Инженерной академии Республики Таджикистан,
профессор, директор Государственного научного учреждения «Центр изучения
ледников Национальной академии наук Таджикистана»¹*

Цель исследования – оценить современное состояние ледника Федченко в условиях изменения климата.

Проведена оценка состояния ледника Федченко за период 1977-2020 годов с помощью снимковых спутников Landsat – 2, 7 и Sentinel – 2A была проведена оценка состояния ледника Федченко, а также был проведен ретроспективный анализ с 1933г. Научная новизна работы заключается в том, что за последние 50 лет впервые проводится подробное описание ледника и его состояния в ходе глобального потепления, что позволяет определить стратегии и перспективы исследования л. Федченко. В статье показано, что в зоне абляции наблюдается серьезная деградация и выявляются крупные ледниковые озера. Прогнозы на основе моделей вызывают озабоченность. Автором подчеркивается, что необходимо возобновить систематические экспедиционные и стационарные изучения ледника Федченко.

Ключевые слова: ледник Федченко, спутниковый снимок, моделирование, деградация, площадь ледника, изменение климата, ледниковое озеро, мониторинг.

Введение

Ледники Таджикистана занимают около 6% территории страны (фото 1) и играют важнейшую роль в формировании реки Амударьи - крупнейшей водной артерии Центральной Азии и бассейна Аральского моря. В этом аридном регионе будущие воздействия изменения климата могут прямо отразиться на объеме ледников, источниках питания и водности рек.

Адрес для корреспонденции: Каюмов Абдулхамид Каюмович, 734025, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. Рудаки, 33, “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”. E-mail: abdkaumov@mail.ru

Ежегодно, в среднем, таяние ледников в Таджикистане вносит 10-20% в сток крупных рек, а в сухие и жаркие годы вклад ледников в отдельные реки, может достигать до 70%.



Фото 1. Узлы оледенения на территории Таджикистана

Ледник Федченко самый большой ледник не только на Памире, но и в Мире за пределами полярных регионов. Площадь ледника около 700 квадратных километров. Среди ледников Евразии он уступает по площади только каракорумским ледникам Сиачен (длина 76 км, площадь 750 кв. км.) и Балторо (длина 62 км, площадь 750 кв. км).

Район ледника Федченко, долгое время был белым пятном на картах Памира являющийся крупнейшим узлом оледенения Средней Азии. Русский исследователь - энтомолог В.Ф. Ошанин в 1878 г открыл ледник Федченко.

Участник Памирской экспедиции АН СССР И.Г. Дорофеев составил первую подробную карту всего района оледенения в 1928 г. После этого началось изучение природы данной ледниковой области.

На скальных выступах левого борта ледника Федченко на высоте 4169 м в 1933 году построили гидрометеорологическую станцию (ГМС) имени академика Н.П. Горбунова. До 1995 года станция постоянно работала.

Рассвет исследования ледников был в 60-80-е годы прошлого века. Результатом этих работ, стало создание «Каталога ледников СССР», куда и входили ледники Таджикистана, в том числе ледники системы Федченко [3]. Количества и площадь ледниковых систем характеризуется в нём по состоянию на 1940–1970-е гг.

К сожалению, после 90-х годов прошлого века систематическое наблюдение на этом крупном леднике и на других ледниках были прекращены.

Об этом Котляков В.М. [9] пишет так: «Наземные методы сбора данных ограничены труднодоступностью высоких гор. А в последние годы это усложняется еще и тем, что в высокогорье Памира полностью ликвидированы стационарные пункты наблюдений и измерений».

За последние 40-50 лет исследование ледников бассейна Федченко носит фрагментарный характер, который не отражает реальной ситуации оледенения на этом ледниковом узле. Эти работы обобщены в публикациях [5-8].

Цель исследования - оценить современное состояние ледника Федченко на основе данных дистанционного зондирования и провести ретроспективный анализ оледенения его бассейна в условиях изменения климата, а также определить перспективы и необходимость систематических исследований на данном леднике.

Районы исследования

Ледник Федченко расположен в Таджикистане в горах Северо-Западного Памира на территории Горно-Бадахшанской автономной области. В районе ледника Федченко находятся высочайшие хребты и вершины Республики Таджикистан: хребет Академии Наук с высшей точкой Пик И.Сомони (7495м), Язгулемский хребет с вершиной Пик Революции (6974 м). Гармо (6595), а также хребет Северный Танымас. Максимальная амплитуда колебания высот в бассейне ледника Федченко достигает 4,6 тыс. м.

Здесь сосредоточены такие крупные ледники, как Федченко, Бивачный, Наливкина и др. В целом в систему ледника Федченко [3] входит 100 ледников, из которых 26 являются притоками главного ледника, но они сами представляют собой сложные долинные ледники. Из ледника Федченко вытекает река Сельдара, которая, сливаясь с реками Баляндкиик и Сауксай, дает начало реке Муксу - истоку Вахша.

Методы исследований

Для оценки современного состояния оледенения бассейна ледника Федченко использованы методы дистанционного зондирования, для интегрального анализа полученных данных. Спутниковые снимки скачивались с портала Геологической службы США (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>), в открытом доступе в исследуемом регионе с наименьшей облачностью и с датой съёмки, соответствующей концу периода таяния ледников (август - начало сентября). Были выбраны мультиспектральные космические снимки Landsat 1-5 MSS с пространственным разрешением 60 м соответственно от 10.09.1972 и Landsat 7 ETM от 07.09.2011 с пространственным разрешением 30 м (панхроматический канал – 15 м). Для повышения уровня достоверности полученных данных были использованы спутниковые снимки Sentinel 2A от 17.08.2021 года с пространственным разрешением 10 м с минимальной облачностью на всех снимках. Указанные снимки импортировали в ArcGIS и использовались для расчёта площади открытых частей ледников и оценки положения их концов в 1977 и 2021 гг. Контуры ледников обрабатывались вручную с привлечением контура ледников базы GLIMS. Чтобы определить точность дешифрирования границ, проводили повторную векторизацию ледников, погрешность определения их площади на снимках составила не более 5% [11,13].

Площадь оледенения

На территории Памира, общая площадь оледенения [3], составляет 8041 км², или 11% всей территории. Бассейна р. Муксу составляет 2464 км², где система ледника Федченко охватывает территорию в 1375 км². Площадь ледников этой системы составляет 824,1 км², или около 60% всей ее площади.



Фото 2. Бассейн ледника Федченко

По данным [3] область питания в системе ледника Федченко занимает площадь 601,9 км². Особенности главного ледника заключается в том, что основную массу льда он получает за счет ледников-притоков (фото 2). Эти питающие ледники, вместе с фирновыми бассейнами составляют 498 км². Ствол ледника Федченко вместе с фирновой мульдой занимает площадь 156,0 км².

Площадь ледника Федченко со всеми притоками составляет 681,7 км², а наибольшая длина 77 км. Верховья притоков ледника достигают высоты 6280 м, а конец его языка опускается до 2910 м. Толщина льда ледника в некоторых местах превышает 800 м, а объем льда - около 130 км³.

Появление такого крупного оледенения обусловлено благоприятным сочетанием орографических и климатических условий, способствующих обильному накоплению осадков в верхней зоне горного обрамления бассейна.

Бассейн ледника Федченко занимает ведущее место на Памире по количеству крупных ледников. Здесь имеется два ледника длиной более 30 км, 6 ледников - более 10 км, 13 ледников - более 5 км и 57 ледников - от 2 до 5 км, а общая протяженность всех ледников в пределах бассейна составляет 500,7 км.

Соотношение ледников различных размеров и их суммарные площади приведены в рис. 1.

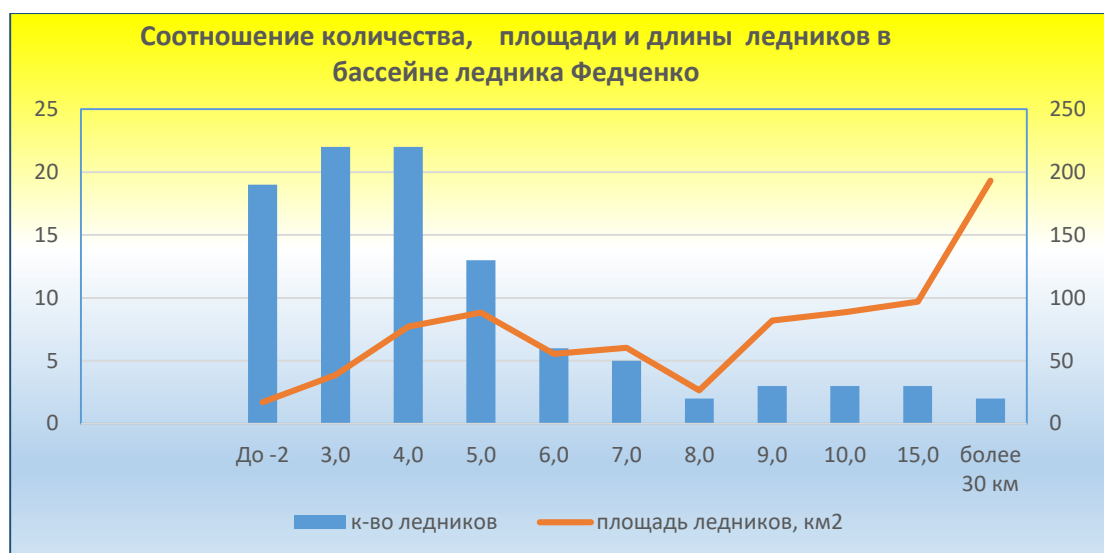


Рис. 1.

Все ледники бассейна принадлежат системе р.Сельдары и располагаются в диапазоне высот от 2900 до 7495 м над уровнем моря.

Большинство ледников в системе ледника Федченко расположены выше 3000 м над уровнем моря. Исключением является лишь сам ледник Федченко, язык которого заканчивается на уровне 2910м. Крупные не приточные ледники, входящие в бассейн ледника Федченко, спускаются до высот от 3150 м (ледник Малый Танымас) до 4130 м (ледник Улугбека).

Типы ледников и их экспозиция

Долинные ледники бассейна Федченко занимают около 70% общей площади оледенения, а также широко распространены ледники туркестанского типа. Среди малых ледников выделяется группа каровых и висячих ледников. Переметные ледники, что придают его фирновой зоне черты сходства с оледенением полярного типа. Но это сходство внешнее, так как ширина фирновых потоков не превышает 1/10 их длины. Общая площадь этих ледников в пределах бассейна составляет 134 км², к этому типу принадлежат такие крупные ледники, как Академии Наук и Наливкина.

Фирновая линия. В системе ледника Федченко амплитуда колебаний фирновой линии составляет 1000 м. Наиболее низко фирновая линия опускается на восточном склоне хребта Академии Наук в районе ледника Кашалаях, где она проходит на уровне 4200 м. Максимальной высоты

фирновая линия достигает на западных склонах хребта Высокая Стена (ледник Витковского), где она поднимается до отметки 5200 м. На главном стволе ледника Федченко положение фирновой линии составляет здесь 4695 м.

Морена. Моренный чехол местами закрывает поверхность ледников этого бассейна, особенно сильно закрывает мореной языки таких крупных долинных ледников, как Федченко, Бивачный, Малый Танымас и другие.

Влияние моренного покрова на таяние ледников весьма велико. По данным [17] при толщине сплошной морены от 1 до 7 мм таяние увеличивается от 1,02 до 1,11 раза, а при толщине 10 см оно уменьшается до 0,42 по сравнению с таянием открытой поверхности ледника. Относительно площади всего ледника Федченко доля морены равнялась 31,6 % в 2007 г., и 34,3 % в 2012 г. Заморененность ледника Бивачного оставалась практически одинаковой в период за 2007-2012 гг.

Установлено увеличение за 1975-2007 гг. общей площади морены на этих ледниках. Принимая тот факт, что толщина моренного покрова на ледниках Федченко и Бивачном в 2007-20012 гг. оставалась постоянной, сток за счет таяния льда под мореной уменьшился только на леднике Федченко[17].

Водотоки. В системе ледников Федченко характерной особенностью является наличие больших водотоков на поверхности крупных ледников. На поверхности самого ледника Федченко протекают несколько крупных водотоков, длина которых составляет нескольких километров, ширина 2-3 м и глубина 1,5 м. Однако, эти водотоки в основном, не доходят до конца ледника, а уходят по его трещинам и колодцам в глубь ледника.

Ледниковые озера. Встречаются ледниковые озера, как на поверхности ледников и в краевых депрессиях, так и в устьях боковых долин, под пруженных масс главного ледника. Объем воды в некоторых озерах системы л. Федченко, может достигать нескольких миллионов кубических метров, что заставляет их прорывы всегда приобретать катастрофический характер и вызывать резкое повышение уровня воды в реке Сельдаре.

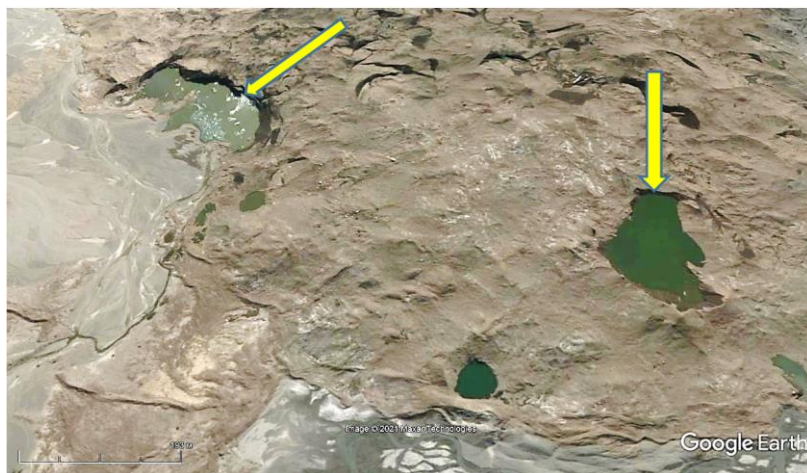


Фото 3. Ледниковые озера на поверхности языковой части ледника Федченко

В 2021 году наибольшее количество ледниковых озер обнаружили на поверхности ледника Бивачный, левого притока ледника Федченко. Их количество составляет почти 20 озер. В области языковой части л. Федченко два крупных озера площадью 20000 и 25000 м², а также множества мелких озер (фото 3).

Гидрологический режим. Практически все авторы отмечают, что изучение гидрологического режима стока талых вод в р. Сельдара, проводившийся у конца ледника крайне затруднен, как непостоянством положения главного русла реки, так и значительной фильтрацией воды сквозь толщу флювиогляциальных отложений, достигающей здесь мощности нескольких сот метров.

Установлено, что режим р. Сельдара является наличие только одной фазы весенне-летнего половодья. Сток в реке начинается в середине мая и завершается к концу октября. Максимальные расходы в июле или августе. В этот период расходы в р. Сельдара достигали 680 м³/сек, что соответствует модулю стока 550 л/сек км². По данным [3] в реке Сельдара ледниковый сток составляет 73%, а снеговой- 27%. Доля жидких осадков в питании реки практически нет.

Во время половодья амплитуда расходов достигала 100 м³/сек, а в отдельном случае 300 м³/сек, что, по-видимому, связано с прорывами ледниковых озер. Годовой ход расходов воды р. Сельдара в целом связан с

ходом температуры воздуха. Годовой объем стока р. Сельдара в 50-е годы прошлого века составлял от 0,830 км³ до 210 км³.

Климатические условия бассейна ледника Федченко

Климатические условия этого района определяет рельеф в силу больших абсолютных высот территории и влиянием свободной атмосферы.

Температура. Мощные воздушные течения здесь преимущественно с юго-запада и создают сглаженный ход температур воздуха района ледника Федченко. Минимальная температура воздуха, отмеченная в средней части ледника на высоте 4200 м, в районе метеостанции Горбунова за многолетний период составила -31,4°C, а в верховьях его, на высоте около 5000 м, в единичных случаях отмечалась температура -38°. Между тем в Центральном и Восточном Памире зимой нередко наблюдается температура -40°C и даже -50°C [3].

В летнее время средние месячные температуры воздуха в районе ледника Федченко оставляют в июле 4,0°C, а самая высокая температура в районе метеостанции составила 15,5°C. В фирновой зоне средняя месячная температура не поднимается выше -2,0°C.

В течение года в районе метеостанции л. Федченко отмечено до 328 морозных дней. Средние месячные минимальные температуры отрицательны в течение всего года. Абсолютная годовая амплитуда колебаний температуры воздуха в средней части ледника Федченко равна 52°C.

Средняя многолетняя температура воздуха в средней части ледника Федченко составляет -7,1°. Однако, анализ многолетних данных показывает, что имеется отклонение от нормы в сторону повышения температуры (Рис. 2). После 1994 года нет данных из-за того, что станция была закрыта.



Рис. 2. Динамика температурного режима. Источник [6]

Анализ многолетних данных по пятилеткам показал, что холодные и теплые периоды чередуются, 1966-70 и 1986-90 годы были более теплыми периодами (рис. 3).

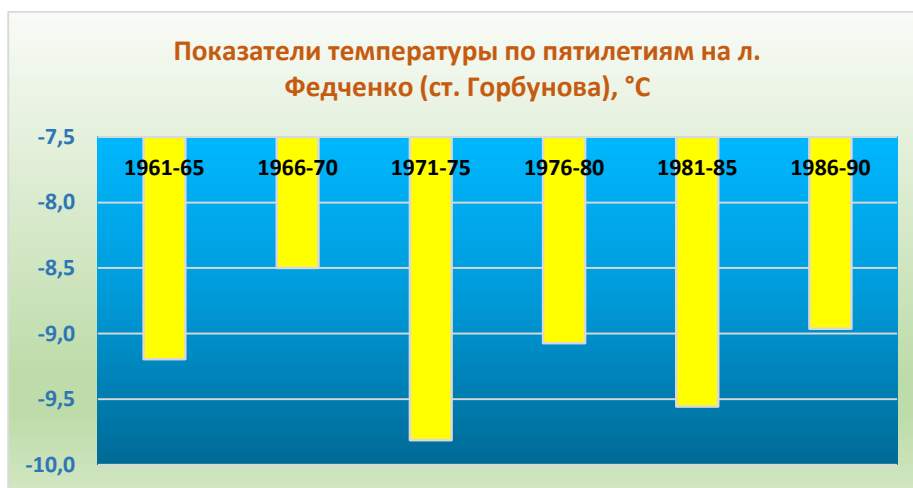


Рис. 3. Источник [6]

Температуры на поверхности и в толще ледника. Температурный режим поверхности и толщи льда ледника Федченко в его верхней и нижней частях существенно различен. По данным В. Н. Колесниковой, в январе в концевой части ледника составлял 27,9, а в его фирновой зоне минимальные значения температуры поверхности льда $-45,2^{\circ}$, соответственно эти показатели в июне $-1,1$ (моренный чехол) и -23° . Суточные колебания температуры льда и фирна в глубины 1 м, ниже практически отсутствуют.

Осадки и высота снежного покрова. В холодный период (октябрь-апрель) выпадает 70%. а в теплый (май-сентябрь) 30% общего количества осадков. В верховьях ледника на высоте около 5000 м осадки выпадают лишь

в твердом виде. С марта по май их количество резко увеличивается. Самый сухой месяц август. Установление сезонного снежного покрова начинается в верховьях ледника в конце сентября, в средней части в середине октября, а у конца ледника в третьей декаде ноября или в начале декабря.

Среднее годовое количество осадков в верхней и средней частях ледника 1000-1500 мм, в то время как в близости от языковой части ледника на станции Алтын-Мазар - всего 150-170 мм. На рисунке 4 представлена динамика выпадения осадков в районе метеостанции 4169 м.

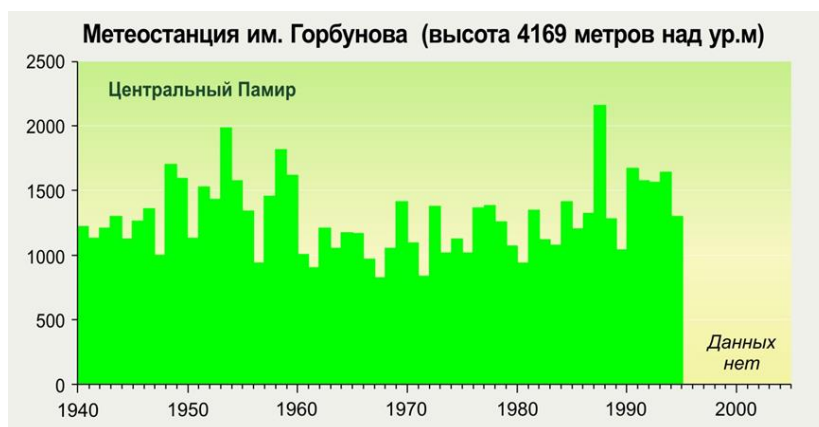


Рис. 4. Динамика выпадения осадков. Источник [6]

Высота снежного покрова на леднике достигает максимального значения к концу мая. На языке ледника его максимум наблюдается в начале апреля и составляет 120 см. В средней части ледника наибольшая высота снежного покрова 330 см, в районе фирновой границы 200 см, на высоте 4900 м - 290 см и в верховьях ледника - 450 см.

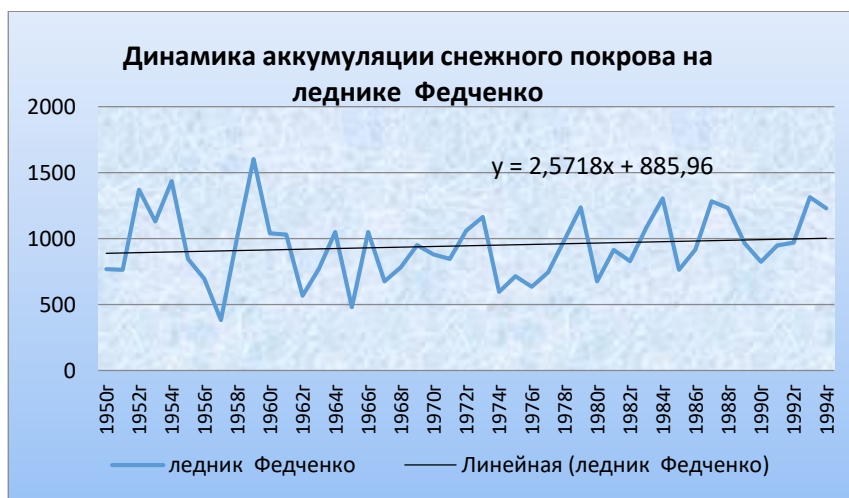


Рис. 5. Источник [6]

На л. Федченко общая продолжительность периода таяния снега два месяца. В фирновой области ледника Федченко к началу снеготаяния (июнь 1959 г., в переводе на воду составил $0,72 \text{ км}^3$, а в области языка ледника (ниже фирновой линии) - $0,53 \text{ км}^3$. Плотность снежного покрова в верхней и средней частях ледника $0,5 \text{ г/см}^3$ и на конце ледника $0,3 \text{ г/см}^3$.

Таяние льда. Наблюдение за процессом таяния льда было проведено [3] на трех видах поверхности ледника: на поверхности льда, свободной от морены, на обнажениях льда среди морены и на поверхности ледника, покрытого сплошным моренным чехлом различной мощности. Анализ данных показал, что средняя величина стаивания чистого льда на леднике Федченко за период абляции за 1959 г. на $+1^\circ\text{C}$ составила для интервала высот 2920-3650 м - 6,0 мм, для 3650-3960 м - 6,2 мм, для 3960-4750 м - 7,2 мм [3].

Проведённый анализ динамики отступления языковой части ледника Федченко на основе исторических данных и данных спутниковых снимков показал динамическое отступление этого ледника (фото 4).

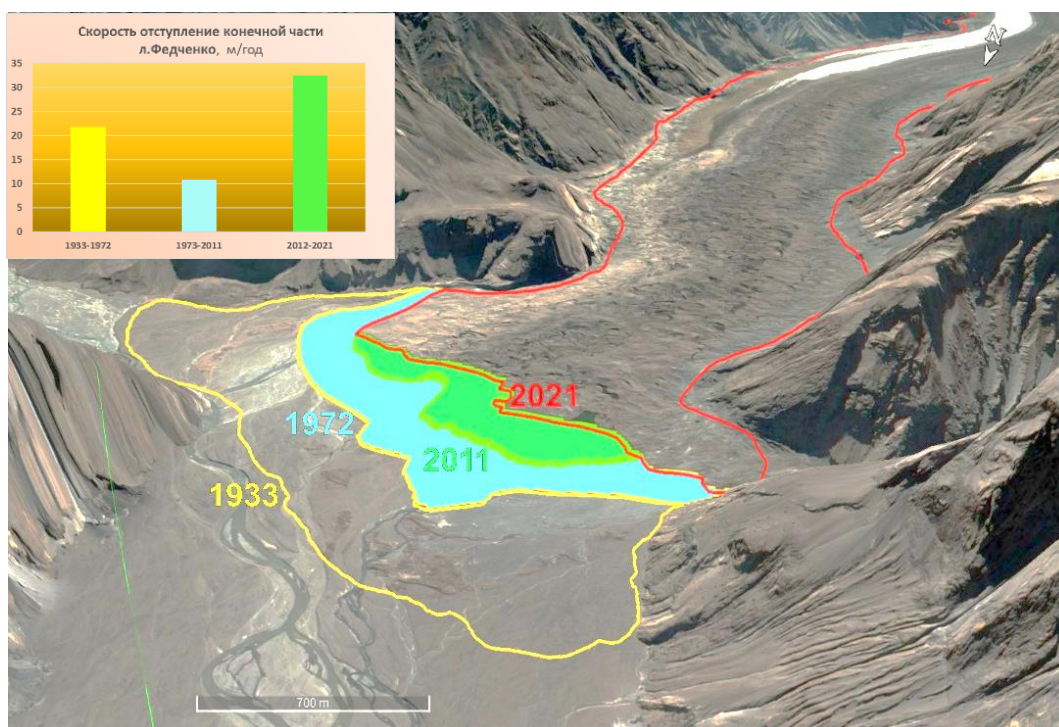


Фото 4. Динамика отступления зоны абляции на леднике Федченко за период 1933-2021 гг.

За 88 лет (1933-2021) ледник отступил на 1555 м, что составляет $4,5 \text{ км}^2$. Отступление ледника имеет наибольшую скорость в последнее десятилетие,

что составляет 32 м/год, что равно $0,053 \text{ км}^2/\text{год}$. Отступление ледника Федченко в 70-е годы имеет минимальное значение (фото 4), что соответствует минимальным значениям температурного режима на леднике (Рис. 3). Самые теплые годы считаются 2010-2021 гг.

Таблица 1.

Изменения параметров ледника Федченко за 1933-2021 гг.				
	1933-1972	1973-2011	2012-2021	за 88 лет
Отступление конечной части ледника, м	850	412	293	1555
Уменьшение площади, км^2	2,8	1,2	0,51	4,51
Скорость уменьшения площади, $\text{км}^2/\text{год}$	0,071	0,031	0,056	0,053
Скорость отступления конечной части, м/год	21,8	10,8	32,5	21,7

Анализ исторических данных [3] показывает, что иначе ведут себя ледники Кызкурганской группы этой же системы л. Федченко. В тот же период эти ледники активно наступали, даже авторы утверждали, что не исключена возможность, что они вновь соединятся с ледником Федченко. В частности, ледник Улугбека с 1959 по 1964 г. наступил на 480 м и продолжал свое продвижение со скоростью до 100 м в год.

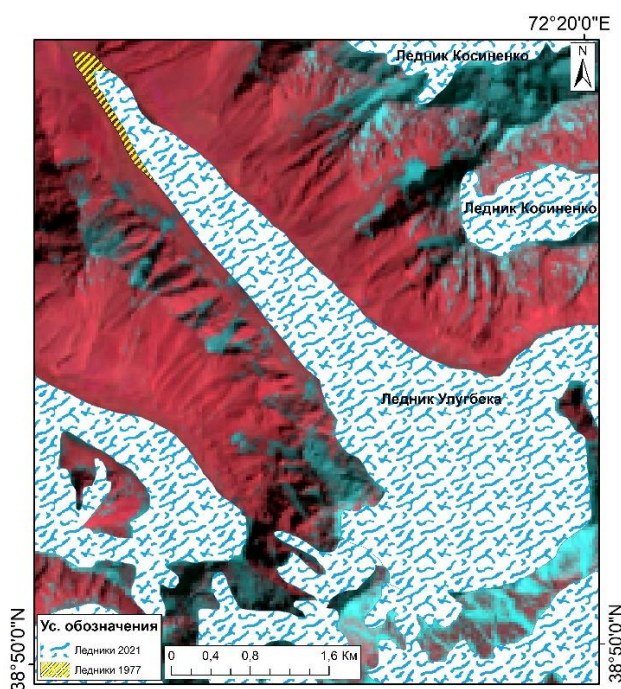


Фото 5. Динамика изменения ледника Улугбека за период (1977-2021 гг.)

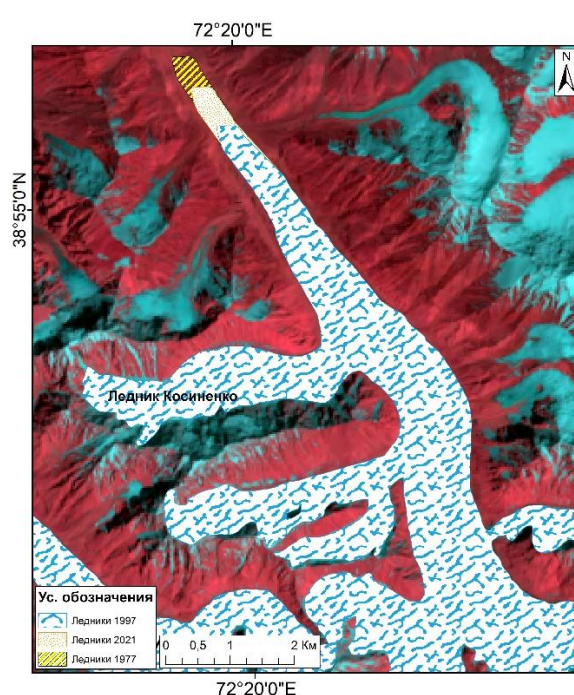


Фото 6. Динамика изменения ледника Косиненко за период (1977-2021 гг.)

По-видимому, продвижение этих ледников прекратилось после 70-х годов и они начали отступать. Анализ спутниковых данных показал, что л. Улугбека за 1977-2021 отступил назад на 292 м. Следует отметить, в основном эти ледники пульсирующие (фото 5 и 6). Например, ледник Косиенко за 1977-1997 гг. продвинулся на 1255 м, но за период 1977-2021 гг. в целом отступил на 522 м, т.е. продвижение в перед за период 1997-2021 г., - 700 м, что составляет 15 м/год (рис. 6).

Солнечное сияние и солнечная радиация. Продолжительность солнечного сияния в верховьях ледника составляла 2158 час., в средней части - 1919 час и у конца ледника - 1868 час. За период абляции (июнь- сентябрь) продолжительность солнечного сияния в средней части ледника 1095 час., у конца ледника 873,8 час.

Для потока прямой солнечной радиации, характерны следующие максимальные величины: в верховьях 1,63 кал/см² мин, в средней части 1,56 кал/см²мин и у конца ледника 1,43 кал/см² мин. Годовой ход суммы тепла от прямой солнечной радиации имеет максимум в июле и минимум в декабре.

Скорость движения. В леднике Федченко средняя годовая скорость движения льда в средней части ледника составляет 252 м, а средняя суточная скорость движения льда равна 70 см, а этот показатель в фирновой зоне составляет 216 м в год, или около 60 см/сутки. В области языка скорость движения льда снижается до 126 м/год, или 40 см/сут. По всей длине ледника Федченко средняя взвешенная поверхностная скорость равна в 130,7 м/год, или 36,3 см/сут [3]. Установлено, что скорость движения льда в главном леднике выше, чем на ледниках-притоках в большинстве случаев, что является следствием большей мощности основного ледника.

Прогнозы изменения климата и деградации ледников по моделям

В данное время увеличение выбросов парниковых газов продолжается, не смотря на Парижское соглашение и активные международные усилия по борьбе с изменением климата. Считается, что рост температуры за пределы 2°С будет иметь в основном негативные последствия для окружающей среды.

Даже при условии полной стабилизации выбросов на уровне 1990 г. глобальное потепление на 0.6-1°С будет неизбежным (COP26).

Предыдущие модели изменения глобального климата составлены в ходе подготовки Национальных сообщений [4-6], несколько занижают данные и имеют высокую степень неопределённости, особенно по осадкам.

Для оценки перспективы изменения климата до 2030 года было использовано статистическое моделирование, модель ЕСНАМ4/ОРУСЗ (Потсдамский институт по изучению климатических воздействий).

Согласно прогностическим данным модели к 2030 году ожидается повышение средней годовой температуры в большинстве районов на 0,2-0,4°С по сравнению с базовым периодом 1961-1990 гг. (0,1-0,2°С в десятилетие), что совпадает с тенденциями, преобладающими в стране в последние 15-20 лет. Наибольшее повышение температуры ожидается в зимнее время на 2°С. В одних районах может наблюдаться уменьшение осадков (Восточный Памир, южные низинные районы), тогда как в других увеличение (Западный Памир и др.). Такое неодинаковое распределение осадков обусловлено значительной пространственной изменчивостью атмосферных осадков и влиянием орографии, которая создает большую неопределенность в прогнозировании осадков на территории республики в долгосрочной перспективе (рис. 8).



Рис. 8. Изменения фактического значения температуры воздуха и прогноза по климатическим моделям на леднике Федченко за период 1950-2030. Источник [4]

В рамках проекта Всемирного Банка, где автор принимал непосредственное участие, были составлены долгосрочные прогнозы до 2100 г.

На основе анализа глобальных климатических моделей, подвергнутых статистическому масштабированию, были сделаны следующие выводы относительно будущего состояния климата к 2100 году:

Среднегодовая температура воздуха вероятно возрастет от -0.6°C (2010 г.) до 1.1°C (2050 г.) в бассейне реки Пяндж, от 3.5°C (2010 г.) до 5.0°C (2050 г.) в бассейне реки Вахш, от -2.6°C (2010 г.) до -0.9°C (2050 г.) в Памирской зоне оледенения.

Прогнозируемое по моделям увеличение температуры воздуха повлияет на увеличение скорости таяния снега и ледников, что будет иметь важное значение для доступности водных ресурсов и повторяемости наводнений в летний сезон в будущем.

К тому же, в результате роста температуры воздуха, количество выпавшего снега уменьшится, а количество дождевых осадков увеличится. Такие изменения могут привести к увеличению внезапных наводнений в зимний период и ранней весной, а также к значительным сезонным изменениям гидрологического цикла.

Моделирование ледников. Большинство исследований ледников Центральной Азии, с точки зрения изменения климата, основаны на исторических наблюдениях [4-8], или динамическом моделировании оледенения (Де Смедт и др. цитат по [7]).

На рисунке (рис. 9) приведена моделируемая общая эволюция объема ледников в Памирской зоне оледенения с 1960 года и до конца 21-ого столетия. Разные цвета обозначают различные варианты развития событий.

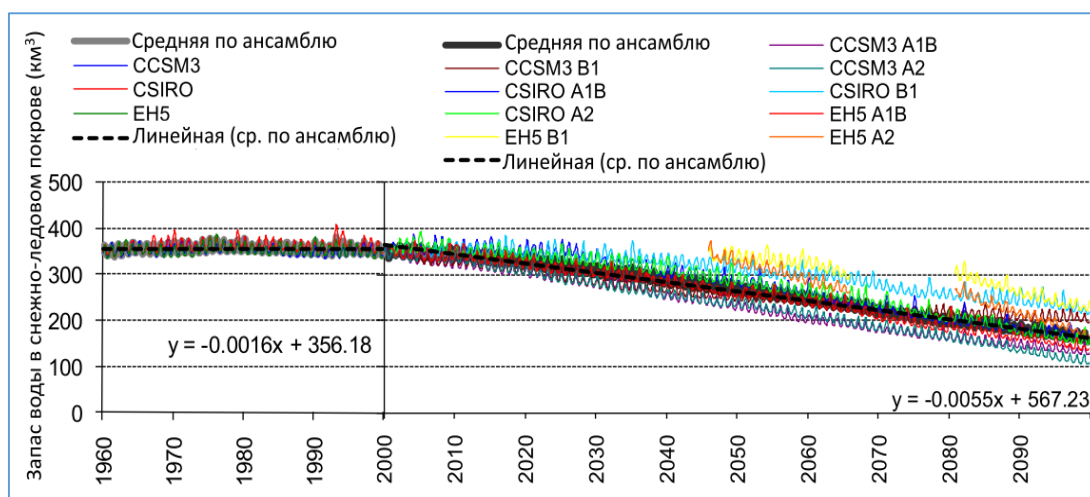


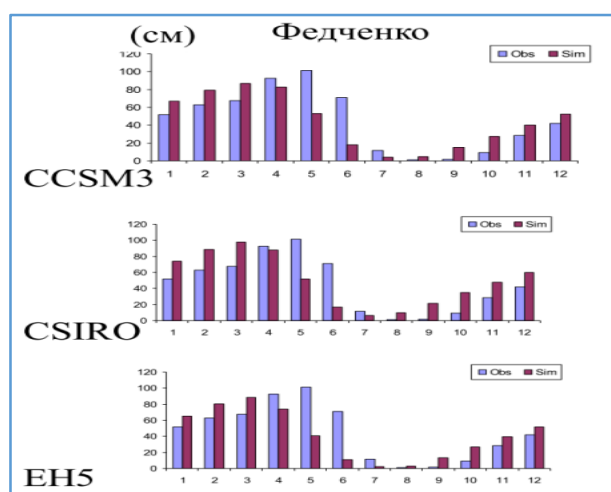
Рис. 9. Рассчитан полный объем льда зоны оледенения Памира за исторический и будущие периоды. Источник [7]

Для исторического периода представлены три варианта - контрольные графики по Глобальным климатическим моделям (ГКМ) CCSM3, CSIRO, и ECHAM5 (ECH5).

Тем временем, для будущего периода представлены девять вариантов, являющиеся комбинациями 3-х ГКМ и 3-х сценариев газовой эмиссии.

На рисунке 10 показано летнее распределение льда после контрольной проверки результатов трех ГКМ на леднике Федченко.

Рис. 10. Сравнение моделируемой толщины ледников с реальными наблюдениями на леднике Федченко. Источник [7]



Было проведено моделирование снежно-ледникового покрова Памирской зоны оледенения путем расчета баланса массы и снежно-ледниковой модели таяния («градус-день») на основе ГКМ в измененном масштабе. Проведенный анализ показал, что скорость сокращения ледникового покрова в будущий период (2000-2100) может составить - 2.023 км³/год, что намного больше, чем за исторический период (1960-2000) – -0.019 км³/год. Поэтому, простая экстраполяция исторических данных, как выяснилось, является неподходящей для оценки будущего

оледенения. Ученые пришли к выводу, что небольшие ледники могут исчезнуть к концу столетия, что совпадают с экспертными оценками [5-6].

Обсуждение результатов

Согласно историческим данным в период Ляхшского оледенения длина ледника Федченко составляла почти 170 км и охватывала целиком Селдара и доходила до Ляхша. В настоящее время л. Федченко имеет длину 76 км. В начале века, в результате деградации л.Федченко потерял связь с целой системой ледников-притоков, таких как Малый Танымас, Косиненко, Улугбека, Алерт и др. и к началу 60-х годов эти ледники стали самостоятельными ледниками у них появились свои конечные морены [3]. За этот период, только четыре крупных ледника (Федченко, Бивачный, Малый Танымас и Косиненко) уменьшались примерно на $1,7 \text{ км}^3$ льда, а общая площадь оледенения бассейна сократилась более чем на 8 км^2 .

По данным [3] длина ледника Федченко 77 км, а открытой части основного ствола составляет 71,5 км, т.е. 5,5 км покрыто мореной. Площадь ледника 156 км^2 открытой части имеет $127,3 \text{ км}^2$, т.е. $28,7^2 \text{ км}$ покрыта моренной. Всего по району оледенения 100 ледников общей площадью 824 км^2 , общий объем льда в системе ледника Федченко равен $144,362 \text{ км}^3$.

В обзорах, составленных в ходе подготовки Национальных сообщений указывается [4-8], что с 1928 по 1958 год ледник Федченко отступил на 460 метров, потеряв 8 км^2 своей площади. В этот период понижение уровня поверхности языка ледника Федченко за 30-летний период составило 10 м, в результате чего ледник потерял $1,17 \text{ км}^3$ льда. В то же время фирновая область ледника поднялась примерно на 12 м, что дало $0,63 \text{ км}^3$ прироста вещества ледника. С 1955 по 1978 год он отступил на 247 метров, потеряв $0,91 \text{ км}^2$ площади. С 1979 по 1991 год, ледник отступил еще на 240 м, при этом потерял $2,3 \text{ км}^2$ площадь.

Таким образом за 63 года ледник Федченко отступил на 947 м. потерял $11,2 \text{ км}^2$ льда, что составляет 15 м/год, а потери площади $0,177 \text{ км}^2/\text{год}$.

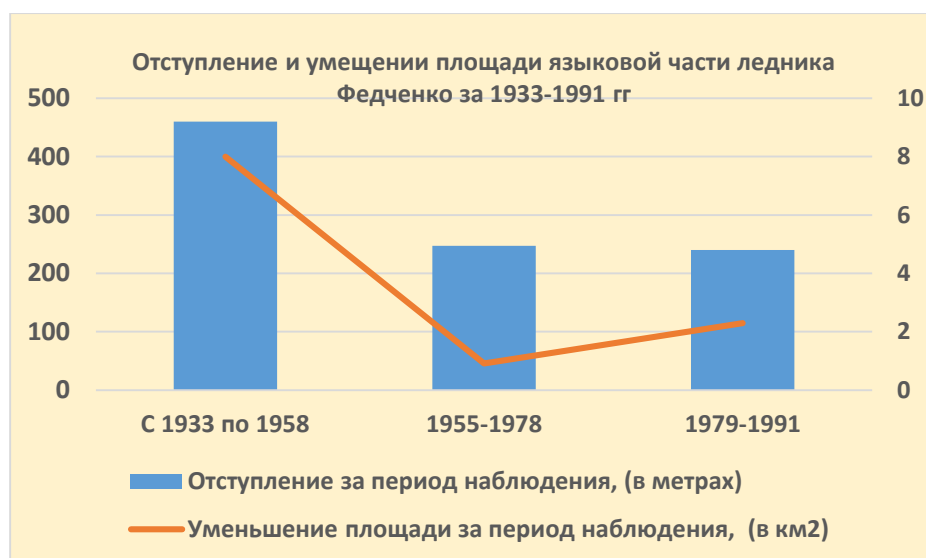


Рис. 11

Последние десятилетия ледник Федченко отступает со скоростью 20 метров в год, его поверхность оседла: с 1976 по 1991 год - на 15 м в нижней части ледника, с 1976 по 1980 г она оседала - на 2,3 м в год. Позднее оседание уменьшилось до 0,5 м в год.

По данным [14-16], длина ледника Федченко составляет 72 км, объем льда 165 км³, площадь ледника 580 км², т.е. если эти данные сравнивать с данными первых инструментальных исследований площадь ледника уменьшилась на 69 км² или 10,7 %. Длина ледника сократилась на 4 км или 5,2%.

По нашим данным, длина ледника Федченко, с учетом отступления на 1 км уменьшилась и составляет 76 км, а площадь оледенения увеличивалась и составляет 824 км², возможно это связано, с наступлением некоторых ледников бассейна. Для точного ответа необходимо провести комплексное детальное обследование ледника.

В 1979 году толщина языка ледника Федченко составляла 40 - 45 м, а в 1998 году - всего 20 - 25 м. Даже в 20 км от конца ледника, в районе его большого правого притока- Бивачного ледник Федченко осел на это время на 9 м [3].

Для ледников, покрытых мареной, изменение высоты поверхности ледника имеет более важное значение чем изменения площади.

Следовательно для таких ледников изменение объема является гораздо лучшим индикатором связанных с климатом реакций ледников, чем изменения площади ледника. Такие данные мы получили на л. Кызылсу во время экспедиции в 2021 году. Наши исследования четко показали, что таяние поверхности ледника имеет зависимость от толщины моренного покрова (Отчет экспедиции, 2021).

В ранних публикациях [6] мы уже указывали, что снижение поверхности ледника основного ствола Федченко на всем протяжении деградируется и снижается по-разному, т.е. степени деградации поверхности ледника в области языка (2900 м) и высоте 5000 метров отличается в десять раз.

Таблица 2

**Снижение поверхности ледника основного ствола Федченко
в зависимости от высоты [6]**

Высоты над ур. моря	2910	3200	3600	4000	4500	5000
Уменьшения высоты поверхности ледника Федченко	95	65	55	25	15	10

По данным [4-8] сведения о леднике Федченко составленные на основе опубликованных работ с начала XX века (первые инструментальные замеры проводили в 1928 году, а регулярные исследования начали проводить с 1933 года) приводятся разные цифры. По этим данным длина ледника составляет от 72 до 77 км, он отступал на 1 км и потерял около 5 км³ льда, по площади изменился почти на 0,5 %, по длине 1,5 %, а по объему на 3, 5%.

При анализе спутниковых данных ледника Федченко за 88 лет (1933-2021) мы получили данные о том, что ледник отступил на 1555 м, что составляет 4,5 км². Отступление ледника имеет наибольшую скорость в последнее десятилетие, что составляет 32 м/год, а площадь уменьшается на 0,053 км²/год. Отступление ледника Федченко в 70-е годы имеет минимальное значение 10,8 м/год, а площадь соответственно составлял 0,031 км²/год, что соответствует минимальным значениям температурного режима на леднике. Самыми теплыми годами за все время инструментальных исследований считается 2010-2020 гг.

Выводы

Несмотря на интенсивное таяние ледника Федченко, особенно в зоне абляции, на сегодняшний день, он остается одним из крупнейших континентальных ледников Мира. Появление такого крупного оледенения как системы ледника Федченко обусловлено благоприятным сочетанием орографических и климатических условий, способствующих обильному накоплению осадков в верхней зоне горного обрамления бассейна.

А также, несмотря на некоторые отличия в цифровых показателях разных авторов полученных в разные годы и разными методическими подходами, в целом современное состояние ледника Федченко, характеризуется, как интенсивно тающий ледник, на фоне глобального потепления климата. Обработка спутниковых данных неоспоримо доказывает, что деградация ледника в последние десятилетние идет интенсивно, о чем свидетельствуют как наши данные, так и данные зарубежных авторов.

Возможно, некоторое отличие наших данных от данных других авторов, особенность зарубежных авторов заключается в методологическом подходе.

Моделирование и прогнозы состояния ледников на фоне глобального потепления на среднесрочные и долгосрочные перспективы, независимо от того, что имеются некоторые отличия в значениях, не утешительные. По некоторым сценариям модели до 2050 и 2100 года ледники катастрофически деградируют, и ледник Федченко не является исключением от этих процессов гидрологический режим основных рек Амударьи и Сырдарьи резко снижаются.

Неоспоримым фактом резкой деградации оледенения системы Федченко является, то что некоторые ледники вследствие сокращения длины и площади отошли назад на многие километры от тела основного ствола ледника Федченко и стали самостоятельными ледниками, о чем подробно писали выше.

На COP-26 (Конференция сторон по изменению климата) в 2021 году, которая проходила в Глазго, отмечали что несмотря на усилие многих государств и реализацию Парижского соглашения на данный момент глобальная температура повышается и естественно усиливается отрицательное

воздействие на природные объекты, особенно на ледники.

Следует отметить, что несмотря на все преимущества или недостатки Каталога СССР изданы [3] необходимо принимать его за основу, так, как других данных об инструментальных исследованиях о леднике Федченко нет. Такой же подход существует к другим данным которые были опубликованы в прошлом веке.

Авторы [16] анализируя архивные данные пришли к такому выводу, что было три карты ледника Федченко, показывающие его состояние в трех разных точках времени с интервалом примерно в 25 лет. Оценка этих карт оказалась сложной, так как они сильно отличались с геометрической точки зрения. Карта 1958 года содержала ряд отличий от карты 1928 года, на которой она фактически была основана. Современная карта, основанная на съемке 1979 года и опубликованная в 1985 году, имеет в своей основе совершенно иную, однородную геодезическую систему отсчета по сравнению с картами, сделанными во время экспедиций.

Однако, в связи с развитием технологий и появления цифровой карты и дистанционных зондирований, появляется возможность унифицировать и стандартизировать методы исследования на международном уровне, что бы полученные данные были сопоставимы и реально оценивали состояние оледенения любого региона.

Для этого необходимо разработать платформы для широкомасштабного обмена информацией и методологией, а также разработать механизм усиления институционального и кадрового потенциала на международном уровне.

Необходимо усилить международное сотрудничество, но при этом необходимо разработать, на основе современной технологии сопоставимые методы оценки ледников, а затем в зависимости от специфики и особенности оледенения разработать международные стандарты для сопоставимости данных разных авторов, которые проводили исследования в одном регионе, а также сопоставление данных разных регионов.

В этом аспекте имеются первые шаги для разработки такой технологии,

это определение баланса массы ледника (проект ЦИКАДА для Центральной Азия), а также расширение института Национальных корреспондентов для организации Мировой системы мониторинга ледников (GSMG). Второе это простое измерение отступления языковой части ледника за определённое время, но здесь имеются свои трудности, так как в открытом доступе космические съемки имеют разрешение от 10 до 60 метров, что для ежегодного мониторинга очень трудно. Не говоря о том, что для краткосрочного мониторинга, особенно для ледников площадью меньше одного квадратного километра эти снимки не приемлемы.

Следует отметить, что ледники меньше одного километра в условиях глобального потепления [6] являются самыми уязвимыми и ранними признаками деградации оледенения определённого региона. Для определенного региона такие типы ледников имеют важное народнохозяйственное значение в предгорье и среднегорье, а также играют немаловажную роль в сохранении экосистемы в этих регионах. Ярким таким примером в Таджикистане является оледенения бассейна реки Зарафшан, где из 1200 ледников 40 процентов имеют площадь меньше, чем один квадратный километр. По нашим прогностическим данным именно ледники которые имеют площадь меньше одного квадратного километра вероятно, исчезнут к 2050 году, [6], такие же данные получили Lambrecht et al., 2013 при моделировании изменения климата и деградации ледников.

О том, что некоторые ледники системы Федченко могут наступать в определенные периоды имеются сведения в Каталоге ледников [3,10], даже там указывается [3], что скорость наступления ледника достигает до 100 м в год, следует отметить, что такие ледники в системе леднико Федченко, как правило являются пульсирующими.

Таким образом необходимо возобновить систематические экспедиционные и стационарные изучения ледника Федченко, которые были прекращены после 90-х годов. Главное надо возрождать фундаментальные исследования на леднике Федченко, а также на других ледниках, только так

мы можем реально оценить состояние ледников и прогнозировать доступ населения к воде в среднесрочной и долгосрочной перспективе. В заключение следует отметить, что такие гляциологические стационарные станции на территории Таджикистана должны быть в бассейне крупных рек как Хингоб, Зарафшан и Пяндж. В начальный период они должны работать сезонно.

Литература

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. Российская академия наук. Институт географии. -М., 1997. -392 с.
2. Атлас Таджикской ССР. -М.: ГУГК, 65 1968. -200 с.
3. Каталог ледников СССР. Бассейн реки Муксу, Система ледника Федченко. -Л.: Гидрометеиздат. -Т. 14. -Вып. 3. -Част 8. – 1968. -64 с.
4. Каюмов А., Махмадалиев Б., Новиков В. Второе национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении клима. -Душанбе, 2008. – 86 с.
5. Каюмов А., Махмадалиев Б., Новиков В., Каримов Ю. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата - Душанбе, 2003. - 234 с.
6. Каюмов А.К., Новиков В.В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении клима. -Душанбе, 2014. - 166 с.
7. Каюмов А.К. Первая комплексная международная научная экспедиция по изучению состояния ледников и экологической ситуации в верховьях рек Вахш и Пяндж. -Часть 1. Ледники и гидрология. - Душанбе: «Ирфон», 2013. - 150 с.
8. Каюмов А.К., Салимов Т.О. Изменение климата и водные ресурсы Таджикистана. - Душанбе: «Ирфон», 2013. - 80 с.
9. Котляков В. М., Десинов Л. В., Десинов С. Л., Рудаков В. А.. Подвижки ледников Памира в первые 20 лет XXI века. Доклады Российской академии наук. Науки о земле, 2020, -Т. -495, -№ 1, -С. 64–68.

10. Котляков В.М., Десинов Л.В., Рудаков В.А. Подвижка ледника Бивачного в 2012–2015 годах // Лед и Снег. -2015. -№ 2 (130). -С. 133–140.
11. Коновалов В.Г., Вильямс М.В. Многолетие колебания оледенения и стока рек Центральной Азии в современных климатических условиях. – Метеорология и гидрология, -2005, -№9, -С. 70-83.
12. Ледник Федченко. -Т 1,2. Издание АН УзССР. -Ташкент, 1962.
13. Щетинников А.С. Морфология оледенения речных бассейнов Памиро-Алая по состоянию на 1980 год (справочник). -Ташкент, 1997, -148 с.
14. Aizen, V.B. and 9 others (2009) Stable-isotope and trace element time series from Fedchenko glacier (Pamirs) snow/firn cores. J. Glaciol., 55(190), 275–291 (doi:0.3189/002214309788608787) CrossRef Google Scholar. Обращение 22.12. 2021.
15. Brunner K., Franz A. and L. N. Braun chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwgms.ch%2Fdownloads%2Ffog_maps%2Fpdf%2FBrunneretal.2005_MapsofFedtschenkoGlacier_Tajikistan.pdf&clen=45846&chunk=true. Обращение 22.12. 2021.
16. Lambrecht A., Mayer C., Bohleber P., Aizen V. (2020). High altitude accumulation and preserved climate information in the western Pamir, observations from the Fedchenko Glacier accumulation basin. Journal of Glaciology 66 (256), 219–230. <https://doi.org/10.1017/> Обращение 22.12. 2021.
17. Vladimir G. Konovalov, Victor A. Rudakov. Determine of Glacier Characteristics by Remote Sensing Data. //Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 1 (2015 8) 98-107. https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/ Обращение 22.12. 2021.

А.Қ.ҚАЮМОВ

ВАЗЪИ ҲОЗИРА ВА ДУРНАМОИ ОМУӢЗИШИ ПИРЯХИ ФЕДЧЕНКО ДАР ШАРОИТИ ТАӢЙИРӢБИИ ИҚЛИМ

*Академики МАНЭБ, академики Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон,
профессор, директори Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омуӢзиши пирахҳои
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»
Почтаи электронӣ: abdkaumov@mail.ru; тел.: +992939999272*

Ҳадафи таҳқиқот арзёбии вазъи ҳозираи пирахӣ Федченко дар заминаи тағйирёбии иқлим аст. Арзёбии ҳолати пирахӣ Федченко дар давраи солҳои 1977-2020 бо истифода аз тасвирҳои моҳвораҳои Landsat-2, 7 ва Sentinel-2A, инчунин таҳлили ретроспективӣ аз соли 1933 гузаронида шуд. Навоварии илмӣ дар он аст, ки дар тӯли 50 соли охир бори аввал тавсифи муфассали пирахҳо ва ҳолати онҳангоми гармшавии глобалӣ дода шудааст, ки имкон медиҳад стратегия ва дурнамои омуӢзиши пирахӣ Федченкоро таҳрезӣ кунанд. Дар мақола нишон дода шудааст, ки дар минтақаи аблятсионӣ таназзули ҷиддӣ муайян гардида, инчунин кӯлҳои калони пирахӣ пайдо шудаанд. Пешгӯиҳо дар асоси модел нигаронкунанда мебошанд. Таъкид карда мешавад, ки тадқиқоти мунтазами экспедитсионӣ ва статсионарии пирахӣ Федченкоро ташкил кардан зарур аст.

Калидвожаҳо: пирахӣ Федченко, тасвири моҳвораӣ, моделсозӣ, таназзул, майдони пирахҳо, тағйирёбии иқлим, кӯли пирахӣ, мониторинг.

A.K.KAYUMOV

CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR STUDYING THE FEDCHENKO GLACIER UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

*Academician of MANEB, Academician of the Engineering Academy of the Republic of
Tajikistan, Professor, Director of the State Scientific Institution "Center for the Study of
Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan"
Email: abdkaumov@mail.ru; tel.: +992939999272*

The purpose of the study is to assess the current state of the Fedchenko glacier in the context of climate change. An assessment of the state of the Fedchenko glacier for the period 1977-2020 was carried out using images from the Landsat-2, 7 and Sentinel-2A satellites, as well as a retrospective analysis from 1933. The scientific novelty lies in the fact that over the past 50 years, for the first time, a detailed description of the glacier and its state during global warming has been provided, which makes it possible to determine the strategies and prospects for the study of Fedchenko glacier. The article showed that in the ablation zone, serious degradation is determined and large glacial lakes are revealed. Model-based predictions are a concern. It is emphasized that it is necessary to organize systematic expeditionary and stationary studies of the Fedchenko glacier.

Key words: Fedchenko glacier, satellite image, modeling, degradation, glacier area, climate change, glacial lake, monitoring.

УДК 551.324.63

А.К.КАЮМОВ, Х.Д.НАВРУЗШОЕВ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ БАСЕЙНА РЕКИ ДРУМДАРА (БАСЕЙН РЕКИ ГУНТ)

*Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной
академии наук Таджикистана»²*

В статье приведены результаты проведенных исследований состояния и количества ледников бассейна реки Друмдара, правого притока бассейна реки Гунт, за период 1977-2020гг, реализованных с использованием космических снимков со спутников Landsat – 2, 7 и Sentinel – 2A.

Полученные данные анализа и оценки результатов исследований позволили уточнить количество ледников исследуемого бассейна реки Друмдара. Ввиду того, что один ледник расположен за хребтом, ограничивающий данный бассейн, а два ледника были деградированы, то они были нами исключены из перечня ледников данного бассейна. Таким образом, установлено, что в 2020 году в бассейне реки Друмдара насчитываются 25 ледников, что на 10,7% меньше (на 3 ледника) меньше чем в 1977г. И как следствие, площадь оледенения верховья реки Друмдара за период с 1977 по 2020 гг. сократилась на 1,28 км² или на 10,9%.

Ключевые слова: изменение климата, бассейн, оледенение, ледники, деградация, река, Друмдара, Гунт, дистанционное зондирование, ГИС.

Введение

Ледники, в основном продукт атмосферного происхождения, обладающий способностью двигаться и что немаловажно, являющиеся источником и запасом воды, значимый для различных секторов экономики (сельское хозяйство, гидроэнергетика, промышленность и т.д.), и жизнедеятельности населения, а также для экосистем, формирующихся вокруг ледников.

Адрес для корреспонденции: Каюмов Абдулхамид Каюмович, Наврузшоев Хофиз Довутшоевич. 734025, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. Рудаки, 33, “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”. E-mail: abdkaumov@mail.ru; nhd140704@gmail.com

Следует отметить, что ледники являются не только продуктом климата, но также его индикатором. Ледники служат ярким примером реакции природной среды на климатические изменения, и как следствие практически все ледники в мире синхронно теряют массу и темпы их потери увеличиваются. Таким образом, по мере потепления климата, льда тает больше, чем его накапливается, и каждый год процесс только ускоряется.

Исследования состояния и запасов водных ресурсов в условиях глобального потепления климата, дефицита водных ресурсов в Центральной Азии, увеличения числа населения и является одной из актуальных задач современной науки о Земле.

Высокогорья Памира, ледники которых, являются основными источниками запаса пресной воды, по праву считаются, для Центрально-Азиатского региона, с населением более 70 млн. человек, своеобразной “водонапорной башней” [4, 5].

Каталог ледников СССР [3], изданный в прошлом веке, ярко демонстрирует состояние оледенения. Но к сожалению, эти данные не соответствуют текущему состоянию оледенения высокогорного Таджикистана в условиях глобального потепления.

Результаты научно-практических исследований, посвященные состоянию оледенения Памира, в том числе бассейна реки Гунт, незначительны [1, 2], но они также относятся к раннему периоду и посвящены общей характеристике оледенения Центральной Азии.

Целью настоящей работы является анализ и оценка современного состояния оледенения бассейна реки Друмдара (бассейн реки Гунт) в условиях изменения климата.

Авторы считают необходимым отметить важность мониторинга ледников и ценность сценарного прогноза их изменений, поскольку такие ледники, с одной стороны являются индикаторами изменения климата, с другой - важными источниками питания рек формирующихся на территории Таджикистана.

Район исследования

Река Друмдара, с площадью водосбора составляющая 299 км², со средним уклоном 45,4 % является правым притоком реки Шахдара - расположена в 65 км от города Хорога и 50 км от села Джавшангоз, формирует сток в ледниковом бассейне южного склона Шугнанского хребта. Рассматриваемый бассейн является одним из больших по площади, долин бассейна реки Гунт, протяженностью с севера на юг в 38,2 км (рис. 1). Основным источником питания реки Друмдары, являются талые воды ледников, сезонные снега и подземные воды [1].

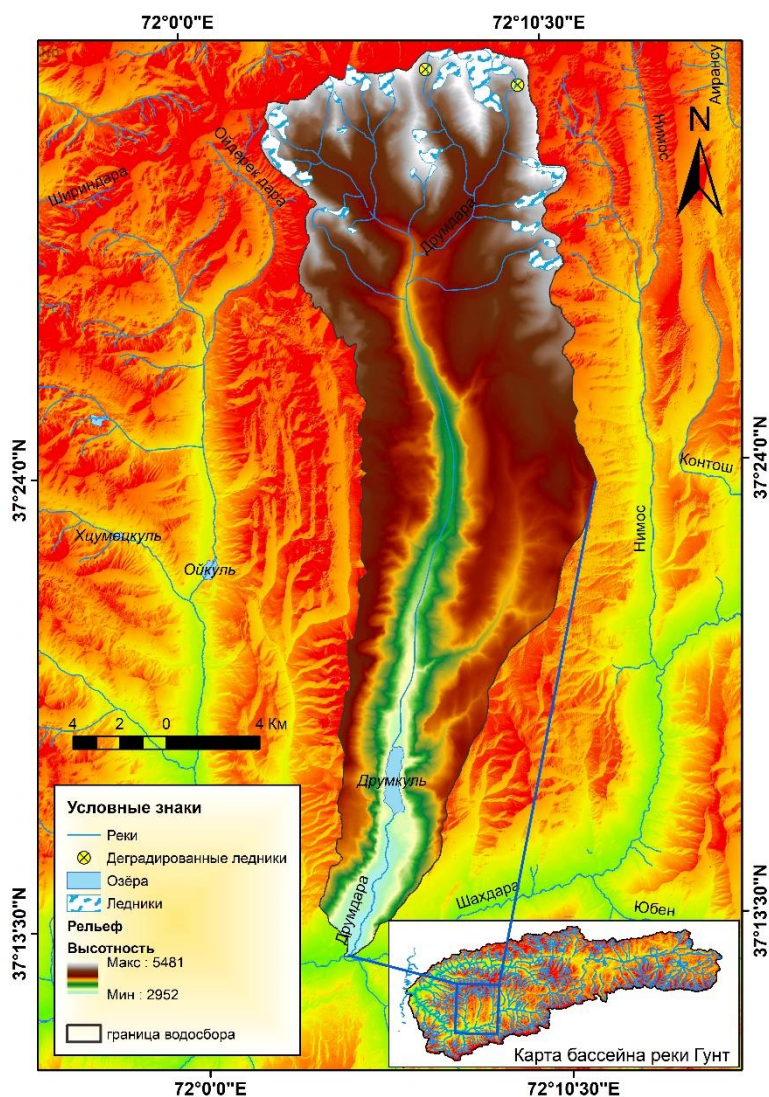


Рис. 1. Река Друмдара на карте бассейна реки Гунт

В бассейне реки Друмдара расположены 28 ледников с преобладанием северной экспозиции, общей площадью 10,5 км². Но вместе с этим, наличие малых отрогов также создаёт условия существования ледников южных и

других экспозиций [1]. При этом, ледниковая зона начинается с высоты 4660 метров, а высшая точка отдельных ледников превышает отметку 5400 м.

Климат

Территория бассейна реки Гунт является очень неоднородной в климатическом отношении. Если его западная часть находится в условиях сухого климата с умеренно теплым летом и умеренно суровой зимой, то восточная характеризуется сухим климатом с холодным летом и суровой малоснежной зимой. Большая абсолютная высота территории обеспечивает значительную интенсивность солнечной радиации, а географическая широта местности обеспечивает высокое стояние солнца в течение всего года [3].

Постоянные метеорологические наблюдения на территории бассейна реки Гунт ведутся на трех метеостанциях. Многолетний ряд наблюдений имеет станция Хорог (с 1890 г.), расположенная на высоте 2075 м над у. м. в самой западной части района. Метеостанция Джавшангоз находится в центральной части района в верховьях долины р. Шахдара и имеет также длительный ряд наблюдений (с 1934 г.). В восточной части бассейна с 1950 г. работает метеостанция Булункуль, которая расположена на высоте 3744 м над у.м. на берегу озера с одноименным названием. В ледниковой зоне бассейна р. Гунта метеорологических наблюдений до сих пор не производилось.

Постоянные метеорологические наблюдения на территории бассейна реки Гунт ведутся на трех метеостанциях. Многолетний ряд наблюдений осуществлен на станции Хорог (с 1890 г.), расположенной на высоте 2075 м над у. м. в самой западной части района. Метеостанция Джавшангоз находится в центральной части исследуемого района, в верховьях долины р. Шахдара и располагает также длительным рядом наблюдений (с 1934 г.). В восточной части бассейна с 1950 г. функционирует метеостанция Булункуль, расположенная на высоте 3744 м над у.м. на берегу озера с одноименным названием. В ледниковой зоне бассейна р. Гунт метеорологических наблюдений до сих пор не производилось.

Ежегодные колебания между максимальными и минимальными температурами в январе составляют 10,0-14,7 °С [6]. Развернутая информация о температурном режиме и осадках, исследуемого района приведена в Таблице 1. Июльская амплитуда между средне - минимальными и средне - максимальными температурами равна 13,9-16,2 °С, а в августе 15,3-17,2 °С (таб. 1).

Таблица 1

Внутригодовой ход температуры воздуха и осадков по данным метеорологических станций Хорог и Джавшангоз с 1930 -1996 гг.

Среднегодовая температура воздуха, °С													
Метеостанция	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Хорог	-7,6	-5,3	1,2	9,6	14,8	19,1	22,7	22,7	18,2	10,7	3,5	-3,2	8,9
Джавшангоз	-18,1	-15,6	-10,0	-2,0	4,7	8,6	12,4	12,3	7,1	0,3	-7,9	-14,3	-1,9
Средне минимальная температура воздуха, °С													
Хорог	-11,6	-9,0	-2,1	4,9	8,9	12,1	15,2	14,9	10,1	4,3	-0,8	-6,6	3,4
Джавшангоз	-25,0	-23,1	-17,4	-8,0	-1,5	0,8	3,7	3,0	-2,9	-8,2	-14,9	-21,2	-9,5
Средне максимальная температура воздуха, °С													
Хорог	-1,6	0,7	6,3	14,9	20,7	25,4	29,1	30,2	26,1	18,4	9,3	1,9	15,1
Джавшангоз	-10,3	-7,5	-2,1	4,5	11,0	15,6	19,9	20,2	15,7	8,1	0,4	-3,8	6,0
Абсолютная минимальная температура воздуха, °С													
Хорог	-27,1	-26,6	-19,8	-5,1	-0,6	1,9	7,4	5,4	1,5	-6,6	-13,2	-24,7	-27,1
Джавшангоз	-42,2	-44,5	-36,4	-28,6	-14,1	-5	-3,1	-6,3	-10,2	-19,8	-32	-37,8	-44,5
Абсолютная максимальная температура воздуха, °С													
Хорог	8,4	12,6	20,2	30	35	38,2	37,9	37,2	36	29,5	20,5	12,6	38,2
Джавшангоз	1,5	3	9,5	15,6	20,3	26	31,2	28,4	24,7	20,7	10,4	5,1	31,2
Осадки, мм													
Хорог	33,8	35,5	45,6	42,9	29,9	8,4	3,7	0,6	2,4	14,6	18,9	29,6	265,9
Джавшангоз	12,3	15,6	22,7	23,3	23,2	9,7	5,2	4,2	2,3	6,2	7,9	13,6	146,2

Анализ и оценка многолетних данных [4-6] свидетельствуют о том, что основное количество осадков, выпадающих, на территории Таджикистана, приносятся воздушными массами Атлантического океана, Средиземного моря и Персидского залива. Количество осадков характерно большой, ежегодной изменчивостью с наличием аномальных периодов, заметно влияющие на величину средних многолетних значений.

Установлено, в низовьях, ближе к городу Хорог осадки выпадают больше, чем в верховьях района Джавшангоз долины реки Гунт, с годовым ходом суммы осадков 265,9 мм, а в верховьях 146,2 мм (таб. 1). Весенний период характерен выпадением максимального количества осадков - почти

45% от годовой нормы в Хороге (низовья реки) и 47% в верховьях (Джавшангозе). Самым сухим в годовом ходе считается август месяц.

Анализ и оценка показателей температуры за последние 30 лет [4-6] позволили установить тенденцию повышения температуры в условиях высокогорья на 0,3-0,5 °С. Отдельные исследователи установили, что в долинах исследуемого района повышение температуры достигает до 1,0 градуса, являющегося показателем существенного изменения климата на всех высотах над уровнем моря в условиях Таджикистана [6].

Таблица 2

Результаты расчётов вертикального градиента температуры
воздуха в бассейне реки Гунт [3]

Вертикальный градиент температуры по высотам					
На каждый 100м по метео данным	2000	3000	4000	5000	6000
0,79 по географическим данным	9,7	1,8	-6,1	-14,0	-21,9
0,6 по физическим свойства атмосферы	9,7	3,7	-2,3	-9,3	-12,3

Методы исследования

Для оценки современного состояния и динамики ледников исследуемого региона использованы методы дистанционного зондирования, направленные на интегральный анализ всех данных, полученных в процессе исследования. Спутниковые снимки скачивались с портала Геологической службы США (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>), в открытом доступе для исследуемого региона с наименьшей облачностью и с датой съёмки, соответствующая концу периода таяния ледников (август – начало сентября). Осуществлена выборка мультиспектральных космических снимков Landsat 1-5 MSS с пространственным разрешением 60 м соответственно от 28.09.1977 и Landsat 7 ETM от 30.08.2002 с пространственным разрешением 30 м (панхроматический канал – 15 м), а для повышения уровня достоверности полученных данных использовались спутниковые снимки Sentinel 2A от 11.08.2020 года с пространственным разрешением 10 м с минимальной

облачностью на всех снимках. Полученные снимки были импортированы в ArcGIS и использованы для расчёта площади открытых частей ледников и оценки положения их конечных участков в 1977 и 2020 гг. Контурные ледников обрабатывались вручную с привлечением контура ледников базы GLIMS. При этом, для определения точности дешифрирования границ, проведена повторная векторизация нескольких крупных ледников. Погрешность определения их площади на снимках составила не более 5% [7, 8].

Результаты

Как отмечалось выше, по данным Каталога ледников СССР в 1977 г в бассейне Друмдара были зарегистрированы 28 ледников с общей площадью 10,5 км². На основе обработки в 2020 году результатов космических снимков было выявлено наличие 25 ледников. Исследования в 2020 году, позволили также идентифицировать деградированные ледники: №700 и №705 (рис.2, 3 а, б).

Ввиду того, что ледник №712 расположен за хребтом бассейна реки Друмдара, (на пологом участке) и внесённый в Каталог ледников СССР, при детальном дешифрировании авторами был исключён из общего перечня ледников исследуемой территории (рис. 2).

В процессе автоматического выделения водосбора бассейна реки Друмдара, установлено, что ледник №712, в действительности расположен в бассейне реки Нимос и питает её. Таким образом, достоверность исключения данного ледника из перечня ледников бассейна реки Друмдара подтверждена результатами проведенных исследований, что позволяет утверждать о том, что в бассейне реки Друмдара в 2020 году фактически расположены 25 ледников.

Площадь ледников бассейна Друмдара в 1977 составляла 11,8 км², а в 2020 этот показатель был равен 10,5 км², что на 1,28 км² меньше чем в 1977 году. Стоит отметить, что все расчеты приведены без учёта исключенного ледника №712. Установлено, что в исследуемом бассейне реки Друмдара

расположены малые ледники площадью меньше 1 км² и только два ледника с площадью более 1 км².

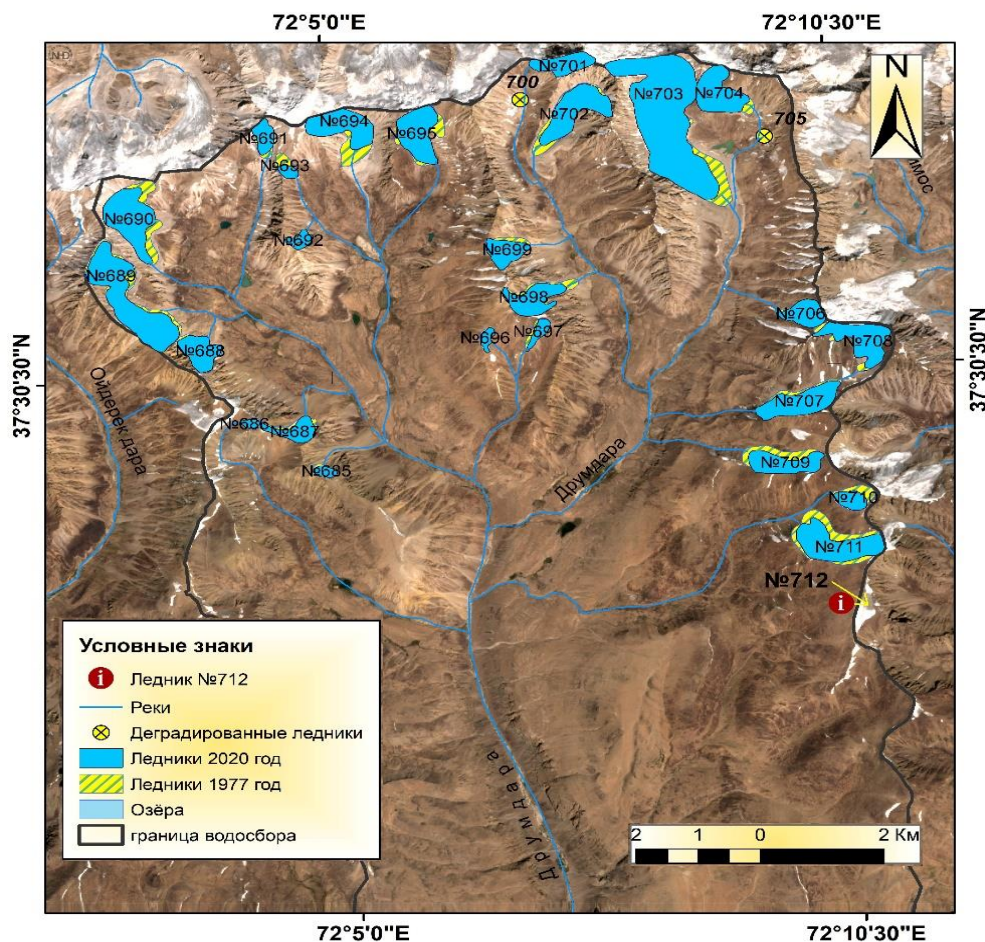


Рис. 2. Карта ледников бассейна реки Друмдара по данным космических снимков 1977 и 2020 гг.

А)



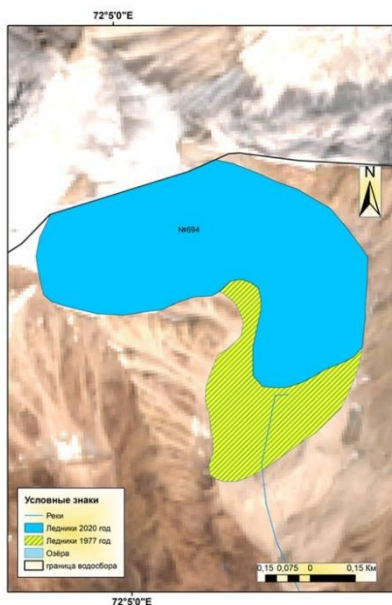
Б)



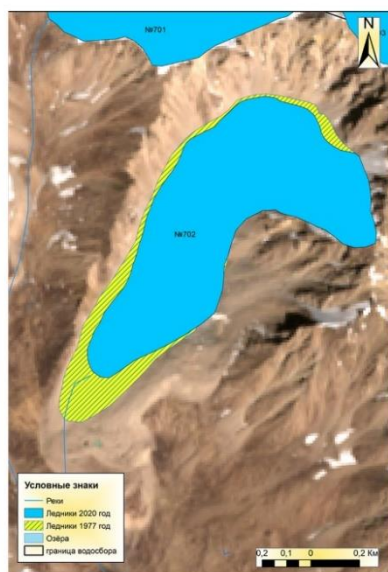
Рис. 3. Деградированные ледники бассейна Друмдара: А) №700. Б) №705

Деградации ледников, особенно отступление языковых частей ледника более четко наблюдается на крупных ледниках из-за низкого пространственного разрешения снимков приведены на рисунке 4.

а)



б)



в)



Рис. 4. Отступление языковой части ледников бассейна Друмдара: а) № 694. б) №702 в) №703 и 704

Выводы

В бассейне реки Друмдара наблюдается деградация ледников. Свидетельством такому утверждению являются в частности полная деградации ледников №700, №705 (площадью 0,200 км²), а также отступление языковых частей ледников № 694, №702, №703, №704, в среднем на 260 метров.

Установлено, что в 2020 году в бассейне реки Друмдара расположены 25 ледников, что на 3 ледника меньше (на 10,7%) чем были определены в 1977г.

Ледник №712 исключен из перечня ледников бассейна реки Друмдара, так как данный ледник расположен в бассейне реки Нимос.

Площадь ледников бассейна реки Друмдара за период с 1977 по 2020 гг. уменьшились на 1,28 км² (на 10,9 %), а языковые части крупных ледников отступили, в среднем, на 260 метров – т.е. ежегодное сокращение составляет 10,8 м/год.

Мониторинг языковой части ледников, с помощью спутниковых снимков Landsat 7 ETM и Sentinel 2A лучше проводить на крупных ледниках,

так как на ледниках меньше одного квадратного километра наблюдается высокая степень неопределенности.

Литература

1. Десинов Л. В., Коновалов В. Г. Дистанционный мониторинг многолетнего режима оледенения Памира. – Материалы гляциологических исследований, 2007. -№103. -С. 129- 133.
2. Долгушин Л. Д., Осипова Г. Б. Природа Мира. Ледники. – Мысль: Москва, 1989. – 477 с.
3. Каталог Ледников СССР. -Том 14. Средняя Азия, -Часть 15. Бассейн реки Гунта. – Гидрометеиздат, 1979. –128 с.
4. Каюмов А. Махмадалиев Б., Новиков В. Второе национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. -Душанбе, 2008. – 86 с.
5. Каюмов А. Махмадалиев Б., Новиков В., Каримов Ю., Пердомо М. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата - Душанбе, 2003. - 234 с.
6. Каюмов А. Новиков В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. - Душанбе, 2014. - 166 с
7. Коновалов В. Г., Вильямс М. В. Многолетие колебания оледенения и стока рек Центральной Азии в современных климатических условиях. – Метеорология и гидрология, 2005. -№9, -С. 70-83.
8. Щетинников А.С. Морфология оледенения речных бассейнов Памиро-Алая по состоянию на 1980 год (справочник). -Ташкент, 1997. -148 с.

А.Қ.ҚАҲОМОВ, Ҳ.Д.НАВРУЗШОЕВ

ВАЗЪИ ҲОЗИРАИ ЯХБАНДИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ДРУМДАРА (ҲАВЗАИ ДАРӢИ ГУНД)

Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқоти ҳолат ва миқдори пирахҳо дар ҳавзаи дарӢи Друмдара, шохоби рости ҳавзаи дарӢи Гунд барои солҳои 1977-2020, ки бо истифода аз аксҳои моҳвораи Landsat - 2, 7 ва Sentinel - 2А амалӣ карда шудаанд, оварда шудааст.

Маълумоте, ки дар натиҷаи таҳлил ва баҳодиҳии натиҷаҳои тадқиқот ба даст омадаанд, имкон доданд, ки шумораи пирахҳои ҳавзаи тадқиқшудаи дарӢи Друмдара аниқ карда шаванд. Аз сабаби он, ки як пирах дар паси қаторкӯҳи ин ҳавза воқеъ буда, дар маҷмӯъ инчунин ду пирахӣ дигар ки тамоман нест шудаанд, бинобар ин сабаб мо онҳоро аз рӯйхати пирахҳои ин ҳавза хориҷ кардем. Ҳамин тариқ, муайян карда шудааст, ки соли 2020 дар ҳавзаи дарӢи Друмдара 25 пирах мавҷуд аст, ки нисбат ба соли 1977 10,7% (3 пирах) камтар аст. Ва дар натиҷа, майдони яхбастаи маҷрои болоии дарӢи Друмдара дар давраи аз соли 1977 то соли 2020 1,28 км² ё 10,9 % кам шудааст.

Калидвожаҳо: тағйирёбии иқлим, ҳавза, яхбандӣ, пирахҳо, таназзул, дарӢ, Друмдара, Гунд, зондиронии фосолавӣ, ГИС.

A.K.KAYUMOV, H.D.NAVRUZSHOEV

CURRENT STATUS OF GLACIATION OF THE DRUMDARA RIVER BASIN (GUNT RIVER BASIN)

State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan"

The article presents the results of studies of the state and quantity of glaciers in the Drumdara river basin, the right tributary of the Gunt river basin, for the period 1977-2020, implemented using satellite images from Landsat - 2, 7 and Sentinel - 2A satellites.

The data obtained from the analysis and evaluation of the research results made it possible to clarify the number of glaciers in the studied basin of the Drumdara River. Due to the fact that one glacier is located behind the ridge that bounds this basin, and two glaciers were degraded, we excluded them from the list of glaciers in this basin. Thus, it has been established that in 2020 there are 25 glaciers in the Drumdara river basin, which is 10.7% less (3 glaciers) less than in 1977. And as a result, the area of glaciation of the upper reaches of the Drumdara river for the period from 1977 to 2020 decreased by 1.28 km² or 10.9%.

Key words: climate change, basin, glaciation, glaciers, degradation, river, Drumdara, Gunt, remote sensing, GIS.

УДК 551.32

М. ПЕТРОВ¹, Т. САКС², Ф. АКБАРОВ¹, Х. МАМИРОВ¹,
С. СУВАНКУЛОВ¹

НАБЛЮДЕНИЯ БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКА БАРКРАК
СРЕДНИЙ (ЗАПАДНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ), КАК ЧАСТЬ ГЛОБАЛЬНОГО
МОНИТОРИНГА КРИОСФЕРЫ ПРОВОДИМОГО WGMS
(ВСЕМИРНАЯ СЛУЖБА МОНИТОРИНГА ЛЕДНИКОВ)

¹*Центр гляциальной геологии ИГГ ГОСКОМГЕОЛОГИИ РУз, ²Департамент*
геонаук университета Фрибурга, Фрибург, Швейцария

В статье отражены исследования Центра гляциальной геологии ИГГ ГОСКОМГЕОЛОГИИ на леднике Баркрак Средний (Западный Тянь-Шань). Согласно международным проектам SATCOS 2 и SICADA. там с 2016 года проводятся комплексные исследования (измерения баланса массы ледника, ледникового стока, колебаний снеговой линии и метеопараметров). Полученные данные каждый год отправляются во Всемирную службу мониторинга ледников (WGMS)

Ключевые слова: изменение климата, глобальное потепление, баланс массы ледника, колебания снеговой линии.

Изменение климата является серьезной проблемой для человечества, и связанные с ним глобальные последствия будут влиять на будущую экономику и средства к существованию будущих поколений, особенно в странах, испытывающих дефицит чистой, пресной воды. Центральная Азия - один из регионов, наиболее уязвимых к изменению климата, учитывая его гидрологические ограничения. Тянь-Шань и Памир входят в число крупнейших горных систем мира и играют важную роль в обеспечении водой засушливых и континентальных районов. Будущие водные ресурсы Центральной Азии сильно зависят от криосферы, особенно от снега, ледников и вечной мерзлоты. Эти компоненты криосферы содержат огромное количество пресной воды, и в условиях продолжающегося потепления

климата ожидаемые изменения будут играть важную роль в обеспечении доступности воды в регионе в будущем.

По прогнозу ЮНЕСКО в конце XXI-века ожидается острый дефицит пресной воды, особенно в аридных областях Республики Средней Азии. Горы Средней Азии Тянь-Шань, Памир является зоной формирования всех пресных вод. В высокогорье Тянь-Шаня и Памира сосредоточено 22000 ледников, общей площадью 18000 км². С этих гор берут начало крупнейшие реки Средней Азии Сырдарья, Зеравшан, Амударья. С середины XX века отмечается повсеместное отступление горных ледников. Исследования ряда гляциологов Средней Азии дают прогноз практически полного исчезновения в конце XXI века оледенение Кашкадарьи и Сурхандарьи при существующем тренде климатических изменений.

Уменьшение массы ледников - один из самых ярких индикаторов атмосферного потепления. Наблюдение за этими изменениями является одной из основных целей международной стратегии мониторинга климата, разработанной Глобальной системой наблюдения за климатом. Долгосрочные измерения баланса массы ледников, кроме того, являются основой для калибровки и проверки моделей, имитирующих будущий сток ледникового покрова. Это очень важно для Центральной Азии, которая является одним из самых засушливых континентальных регионов северного полушария. В густонаселенных регионах нехватка воды из-за уменьшения оледенения потенциально приводит к выраженной политической нестабильности, резким экологическим изменениям и угрозе продовольственной безопасности. Колебания ледников в горных районах отслеживаются в различных частях мира более века (Haeberli et al., 2007 [2]; Zemp et al., 2015 [4]), и изменения ледников считаются надежными индикаторами мировых тенденций потепления атмосферы ((IPCC). 2013 [3]). Горные ледники и ледяные шапки важны для стратегий раннего обнаружения в глобальных климатических наблюдениях. Следовательно, ледники являются одной из «важнейших климатических переменных (ВКП)» в Глобальной системе наблюдения за

климатом (ГСНК). В ГСНК встроена Глобальная наземная сеть для ледников (GTN-G), управляемая Всемирной службой мониторинга ледников (WGMS), Национальным центром данных по снегу и льду США, (NSIDC) и инициатива «Глобальные измерения наземного льда из космоса» (GLIMS). Всемирная служба мониторинга ледников (ВСМЛ, англ. WGMS) была основана в 1986 году, объединив две службы: Постоянную службу колебаний ледников (PSFG) и Временного технического секретаря/Описания ледников мира (TTS/WGI). Данная служба относится к Международной ассоциации криосферных наук международного союза геодезии и геофизики (IACS, IUGG), а также к Мировой системе данных международного совета по науке (WDS, ICSU) и работает под эгидой Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) и Всемирной метеорологической организации (ВМО). ВСМЛ базируется в университете Цюриха в Швейцарии, директором службы является Михаэль Земп при поддержке Организации Объединенных Наций по окружающей среде. ВСМЛ собирает стандартизированные наблюдения за колебаниями ледников по таким параметрам, как масса, объем, площадь и длина ледника, а также статистической информации о пространственном распределении многолетней мерзлоты. Колебания ледников и кадастровые данные имеют высокий приоритет в наблюдениях ключевых переменных за климатическими системами. Они служат основой для гидрологического моделирования с учетом возможных последствий атмосферного потепления и имеют фундаментальное значение в гляциологии, ледниковой геоморфологии и четвертичной геологии. Наиболее продолжительные и полные данные наблюдений относятся к ледникам Альп и Скандинавии, также по миру существует ряд репрезентативных ледников, таких как, к примеру, ледник Туяксу в Центральной Азии.



Рис. 1. Станция на леднике Абрамова, до (а) и после нападения (b)

После уничтожения базы УЗГИДРОМЕТА «Ледник Абрамова» (рис 1.) террористами в августе 1999 года необходимость создания собственного гляциологического стационара (исследовательской базы в ледниковом районе, где проводится круглогодичный цикл метеорологических, гляциологических и гидрологических исследований) для проведения исследовательских работ ледниках Узбекистана стала очевидной. В рамках проекта «SATCOS» (создание и удвоение потенциала для систем наблюдения за климатом), при поддержке Швейцарского агентства по сотрудничеству, после долгих обсуждений, обоснований, рекогносцировок, такой наблюдательный комплекс в августе 2016 года, силами Центра Гляциальной Геологии ИГГ при Госкомгеологии и поддержке НИГМИ ГОСКОМГИДРОМЕТА, был установлен на леднике Баркрак Средний (Западный Тянь-Шань). На языковой части ледника Баркрак, на высоте 3400 м была установлена автоматическая метеостанция и камера для наблюдения за колебаниями снеговой линии. Также была создана сеть наблюдения за балансом массы с 11 абляционными рейками. Ледник Баркрак расположен в долине Ойгаинг в водосборе реки Пскем в Западном Тянь-Шане, Узбекистан (Рис. 2, 3). Площадь ледника

Баркрак средний составляет 2,04 км². Для ледника Средний Баркрак существуют данные наблюдений за изменением длины с 1971 по 1990 год.

В мировой сети наблюдений по балансу массы появилась еще одна точка, которая дает полезные результаты. Баланс массы ледника показывает динамику ледника т.е. отступление или увеличение ледника по площади и объёму. Выяснение связи баланса массы ледника с водным балансом является важным моментом для деятельности народного и сельского хозяйства республики. Во-первых, работа стационара необходима для прогнозирования экстремальных гляциальных явлений, таких как паводки, прорывы ледниковых озер. Во-вторых, в условиях малой водобеспеченности Центральной Азии, и, в частности Ташкентского оазиса, очень важно знать расход наших рек, в том числе Пскема и Чирчика.

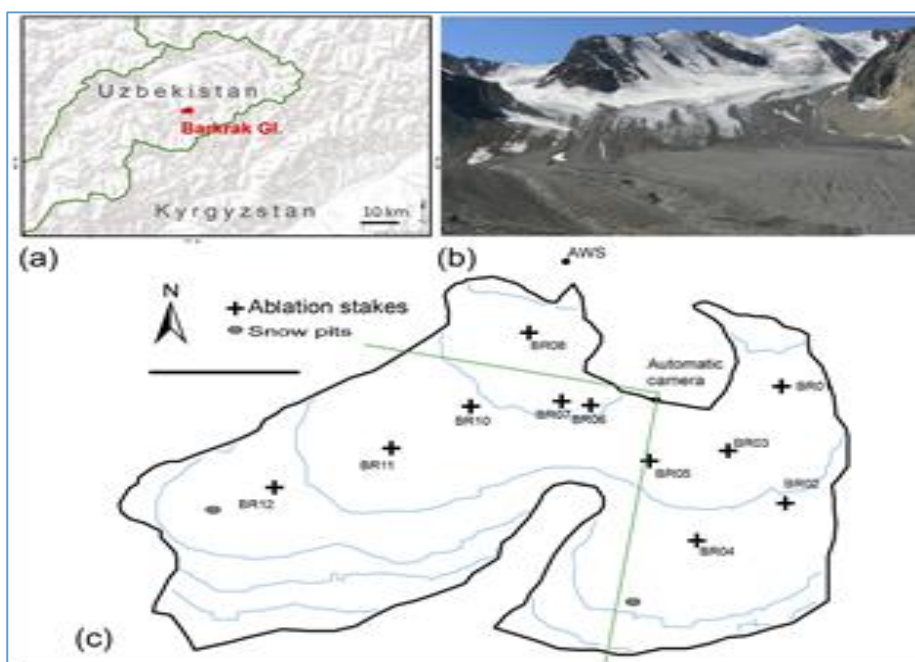


Рис. 2. Сеть наблюдения за балансом массы (с) на леднике Баркрак Средний (Узбекистан) с соответствующей (обзорной) картой (а) и рисунком (б)

Стационар на леднике Баркрак Средний – это, кроме того, прекрасный полигон для обучения молодых специалистов. В рамках проекта «CATCOS» семинары для них уже проводились в Республике Кыргызстан. Из всех стран Центральной Азии туда приезжали молодые специалисты и преподаватели, которых гляциологи вывозили на показательные ледники и обучали измерению баланса массы. Такие семинары состоятся и в Узбекистане, что

будет очень полезно для подрастающего поколения гляциологов, потому что, естественно, кадры должны обновляться с целью продолжительного наблюдения за ледниками в Центральной Азии.



Рис 3. Ледниковая долина верховьев Баркракская

Абляционные рейки распределены по всей зоне абляции чтобы обеспечить оптимальное представление о процессах таяния. Каждый год они бурятся для фиксированной локации. Снежные шурфы копаются и исследуются до конца предыдущего лета, чтобы измерить плотность снега и снегонакопление. Для площадного распределения накопления снега также используются аккумуляционные рейки. Ежегодные полевые исследования проводятся каждый балансовый год с начала июля до конца августа. Сводка новых годовых измерений помещена в таблицу 1.

Таблица 1

Годовые измерения баланса массы на леднике Баркрак Средний

Годы	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
Даты	10/08 - 20/08	10/08 - 27/08	05/08-12/08	06/08-16/08
Абляционные рейки	11	9	9	10
Аккумулятивные рейки	2	2	2	3

Были использованы два метода исследования баланса массы: контурный и профильный. Оба метода могут применяться для расчета баланса массы.

Баланс массы, определенный с помощью метода контурных линий для 2016/17 года в -0,30 (м в.э.), (здесь и далее м.в.э. – метр водного эквивалента) и с помощью метода профиля в -0,33 (м в.э.), соответственно. Для 2017/18 года соответствующие значения составляют -0,23 (м.в.э.) и -0,20 (м в.э.) и для 2018/19 года в -0,33 (м в.э.) и -0,48 (м в.э.) и также для 2019/20 года в -0,28 (м в.э.) и -0,31 (м в.э.) соответственно. Следовательно, оба метода показывают похожие результаты. Устойчивый отрицательный тренд баланса массы указывает, на продолжающуюся деградацию ледника Баркрак средний и недополучения им осадков в твердой фазе. Данные измерения баланса массы каждый год отправляются в Глобальную систему наблюдения за ледниками (WGMS). Чтобы пролить свет на гидрометеорологические условия бассейна Баркраксай, изучались годовые изменения среднегодовой температуры воздуха с использованием данных метеостанции Ойгаинг (рис. 4).

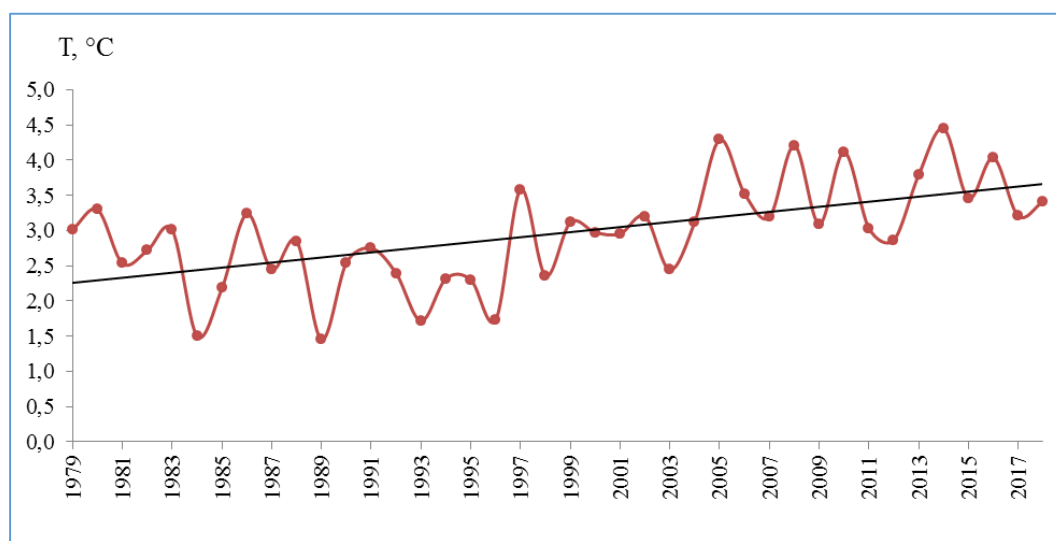


Рис. 4. Годовое изменение среднегодовой температуры воздуха на метеостанции Ойгаинг

Как видно из приведенного выше графика, процесс глобального потепления также приводит к тому, что температура воздуха в бассейне реки Ойгаинг превышает норму. За следующие 15 лет этот процесс резко усилился. Это условие приводит к тому, что ледники в бассейне сокращаются, а ледяной покров и снеговая линия скользят вверх. По данным наблюдений за период 2016-2019 гг. на автоматической метеостанции Баркрак было рассмотрено годовое распределение среднемесячной температуры воздуха (рис. 6).



Рис. 5. Распределение среднемесячной температуры воздуха, зарегистрированной на метеостанции Баркрак в течение года

Как видно из графика выше, среднемесячная температура воздуха в высокогорье в зимние месяцы и в основную часть весенних и осенних месяцев отрицательная. Поскольку наблюдаемое максимальное значение среднемесячной температуры воздуха ($8,5^{\circ}\text{C}$) приходится на июль, снеговая линия поднимается и процесс таяния абляционной части ледяной массы происходит активнее, чем в остальные теплые месяцы [1].

Литература

1. Сувонкулов С. С., Тургунов Д. М. Влияние глобального изменения климата на горные ледники Узбекистана и сток рек, формирующихся за счет их таяния (на примере ледников Баркракской группы). Известия географического общества Узбекистана. –Том 57. -Ташкент-2020, -С. 269-275.
2. Haeberli, W., Hoelzle, M., Paul, F., and Zemp, M.: Integrated monitoring of mountain glacier as key indicators of global climate change: the European Alps, *Annals of Glaciology*, 46, 150–160, 2007.
3. IPCC: Climate Change 2013: The physical science basis, Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel of climate change, p. 1535, Cambridge University Press, 2013.
4. Zemp, M., Frey, H., Gärtner-Roer, I., Nussbaumer, S., Hoelzle, M., Paul, F., Haeberli, W., at all. Historically unprecedented global glacier decline in the early 21st century, *Journal of Glaciology*, 61, 745–762, 2015.

УДК 551.324.63

А.Қ.ҚАЮМОВ, А.Х.ДАВЛЯТОВА, Х.Қ.КАБУТОВ,
У.Р.УБАЙДУЛЛОЕВ, Х.ТОЛИБОВ

ТАВСИФИ ТАҒЙИРЁБИИ МАСОҲАТИ ПИРЯХҲОИ ҲАВЗАИ ДАРЁИ ПИСОДА

*Муассисаи давлатии илмӣи “Маркази омӯзишии пиряхҳои
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”³*

Ҳолати тағйирёбии андозаи пиряхҳои ҳавзаи дарёи Писода дар солҳои 1977 то соли 2018 ҳисоб карда шуд. Барои муайян кардани миқдори коҳишёбии масоҳати пиряхҳо дар ин ҳавза аксҳои фотосавии кайҳонӣ аз моҳвораҳои Landsat 1-7, Sentinel 2A истифода шуда, масоҳати аз байн рафтаи ҳавзаи мазкур муайян гардид. Миқдори коҳишёфтаи масоҳати ҳавзаи дарёи Писода ба ҳисоби миёна $2,2 \text{ км}^2$ –ро таъкил дод, ки ин нишондод бо ҳисоби фоиз 27,1% мебошад. Суръати миёнаи коҳишёбии масоҳати пиряхҳо вобаста ба мавқеи ҷойгиршавӣ ва масоҳаташон гуногун аст. Коҳишёбӣ дар давраи соли 1994 то соли 2018 дар муқоиса нисбат ба давраи солҳои 1977-1994 босуръат зиёд шудааст.

Калидвожаҳо: пиряхҳо, коҳишёбӣ, масоҳат, яхбандӣ, аксҳои фотосавии кайҳонӣ, ҳавзаи Писода, тадқиқоти зондиронӣ, ҳавзҳои наздипиряхӣ.

Пешгуфтор

Тӯли даҳсолаи охир гармшавии ҳаво ва тағйирёбии иқлим тамоми сайёраро ба ташвиш оварда, феълан он ба яке аз масъалаҳои глобалӣ табдил ёфтааст. Ҷомеаи ҷаҳонӣ оид ба ин масъала чораҳои зарурӣ андешида истодааст. Зеро гармшавии иқлим ба обшавии пиряхҳо оварда мерасонад. Азбаски пиряхҳо дорои захираҳои бузурги обӣ мебошанд, аз ин боис омӯзиши пиряхҳо низ монанди масъалаи об омӯзиши ҷиддиро тақозо менамояд.

Дар маҷаллаи “Паёми сеюми миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон дар доираи ҷаҳорҷӯбаи Конвенсияи СММ доир ба тағйирёбии иқлим” – масъалаи тағйирёбии иқлим дар Осиёи Марказӣ чунин иброз ёфтааст: “Осиёи Марказӣ

Суроға барои муқотиба: Қаюмов Абдулҳамид Қаюмович, Давлятова Адолат Хуршедовна. 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 33, Муассисаи давлатии илмӣи “Маркази омӯзишии пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”. E-mail: abdkaumov@mail.ru; davlyatova.cryos@gmail.com

яке аз минтақаҳои ҷаҳонист, ки дар он гармшавии шадиди иқлим дар солҳои 1950-2013 мушоҳида мешавад. Аз ин рӯ, на танҳо Тоҷикистон, балки тамоми кишварҳои Осиёи Марказӣ зери таъсири тағйири иқлим дар шакли баландшавии ҳарорат, обшавии пирахҳо, тағйирёбии маҷрои дарё қарор доранд [2].

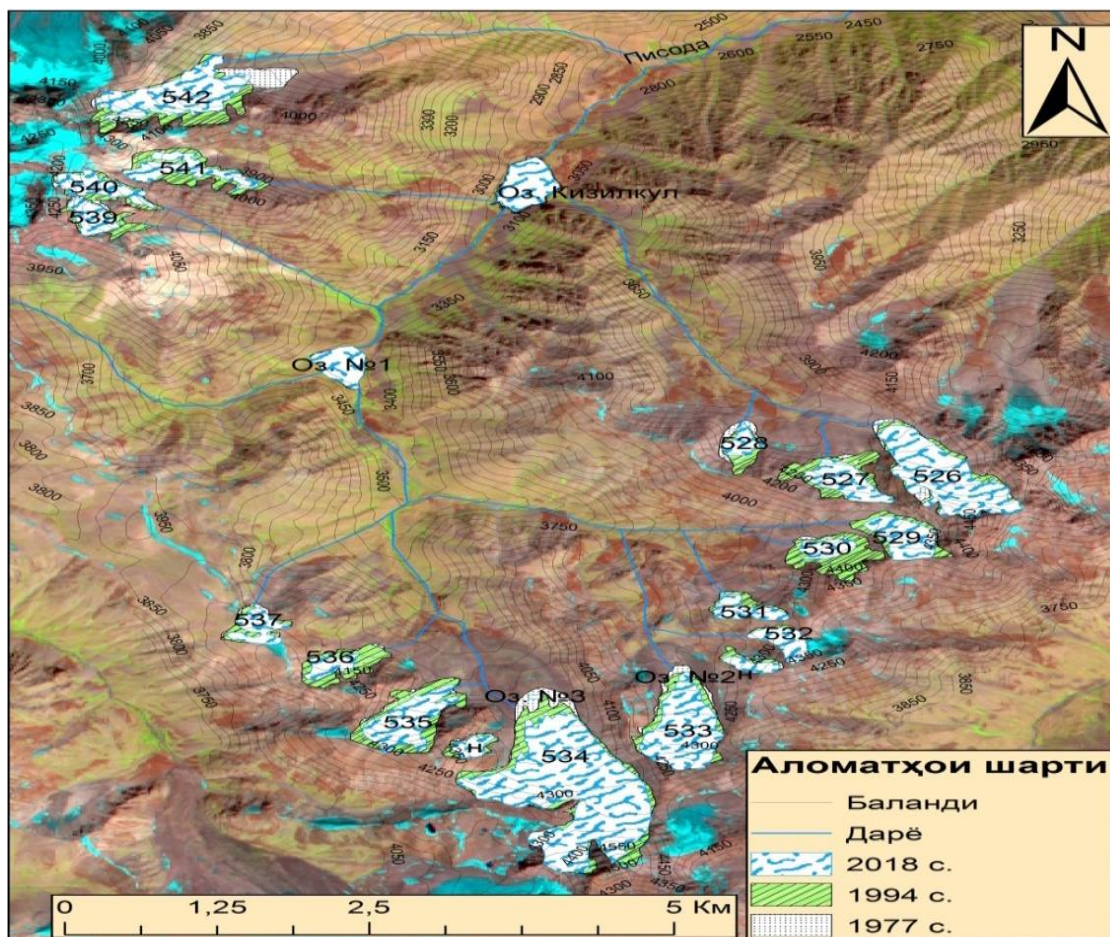
Омӯзиши пирахҳо имкон медиҳад, ки сабабҳои коҳишёбӣ ва роҳҳои ҳифзи онҳо муайян карда шавад. Усули дастрас ва натиҷаовар ин истифода аз аксҳои бойгонии моҳвораҳо тариқи зондиронии фосилавӣ мебошад. Аз бойгонии моҳвораҳои кайҳонӣ аксҳои тоза ва беборишро дастрас карда, дар барномаҳои ба монанди ArcGis ва Gis ENVI коркард ва омилҳои коҳишёбии пирахҳоро вобаста ба мавқеи ҷойгиршавиашон муайян намудан мумкин аст. Айни замон дар ҷомеаи ҷаҳонӣ омӯзиши пирахҳо бо роҳи зондиронӣ фосилавӣ ба роҳ монда шудааст [1].

Оид ба пирахҳои ҳавзаи дарёи Писода маълумот қариб, ки вучуд надорад. Маълумоти мавҷуда танҳо дар Феҳристи пирахҳои СССР оварда шудааст, ки ин мавод натиҷаҳои корҳои 50 соли пеш аст [5].

Мақсади таҳқиқот муайян кардани хусусият ва суръати тағйирёбии масоҳати пирахҳои ҳавзаи дарёи Писода ва раванди яхбандӣ дар тӯли солҳои 1977-2018 мебошад.

Минтақаи омӯзишӣ

Ҳавзаи дарёи Писода аз деҳаи Сангвор дар баландии 2100 метр шуруъ гардида, яке аз пасттарин шохоби чапи дарёи Обихингоб мебошад. Ҳавза дар нишебиҳои шимолу шарқии қаторкӯҳҳои Дарвоз ҷойгир буда, масоҳаташ 120 км² аст [3]. Ҳавзаи мазкур аз 17 пирахи масоҳаташон аз 0,1 км² зиёд, 3 пирахи нуқтагӣ, ки дар умум 0,2 км² масоҳат доранд, иборат мебошад [4]. Қизилкӯл яке аз кӯли калонтарини ҳавза ба ҳисоб рафта, 800 метр дарозӣ дорад ва дар баландии 2990 м аз сатҳи баҳр ҷойгир аст. Ба ғайр аз ин дар баландии 3330 метр кӯли дигар ҷойгир аст, ки онро бо кӯли №1 ишорат намудем [3]. Дарозии кӯли мазкур 670 м аст. Инчунин дар забонаи пирахҳои №533 ва №534 кӯлҳои наздизабонавӣ мавҷуданд.



Расми 1. Ҳавзаи дарёи Писода

Усулҳои корӣ

Барои муайян намудани пиряхҳои ҳавзаи дарёи Писода “Феҳристи пиряхҳои СССР” – ро бо барномаи Google Earth Pro муқоиса намуда, сипас бо роҳи зондиронӣ-фосилавӣ ба рақамгузори пиряхҳо дар барномаи Google Earth Pro шуруъ намудем.

Дар сомонии earthexplorer.usgs.gov аксҳои фосилавии моҳвораҳои Landsat 1-7 ва Sentinel 2A-ро дар солҳои 1977, 1994 ва 2018 дастрас намудем. Аксҳое, ки барои омӯзиш интихоб мегарданд, бояд аксҳои тоза ва беабр бошанд. Аз ин сабаб давраи баъди аккумулятсияро интихоб карда, борбардорӣ намудан лозим меояд. Давраи баъдиаккумулятсионӣ аз 9-15-уми август шуруъ гардида, тақрибан то 13-15-уми сентябр идома меёбад ва дар ин давра пиряхҳо қариб пурра аз барф озод мегарданд, ки барои масоҳатгирӣ қулай мешавад [5].

Пас аз интихоб ва борбардории аксҳои фосилавӣ дар барномаи ArcGis 10.5 вобаста ба солҳои 1977, 1994 ва 2018 Shapefile тартиб дода, аксҳоро

мувофиқи солашон ба ин Shapefile гузоштем. Баъди ба анҷом расонидани полигонкашӣ масоҳати пирияхҳо ва ҳолати коҳишёбӣ дар пирияхҳо мушаххас гардид.

Аз сабаби абрнок будани аксҳои лозима натавонистем, ки маълумотро ҳар як даҳсола дастрас намоем, аз ин лиҳоз, танҳо солҳои 1977, 1994 ва 2018-ро мавриди омӯзиш қарор додем.

Ҷадвали 1

Санаи аксбардории пирияхҳои ҳавзаи дарёи Писода ва моҳвораҳои аксгиранда

Р/т	Моҳвораҳои фосилавӣ	Сол ва вақти аксбардорӣ	Каналҳо
1	Landsat LM02	11.09.1977	SWIR, NIR, RED
2	Landsat LT05	23.08.1994	SWIR, NIR, RED
3	Santinel 2A	30.08.2018	SWIR, NIR, RED

Натиҷаҳо

Барои муайян кардани ҳолати яхбандии ҳавзаи дарёи Писода 17 пирияхи ин минтақаро бо методҳои зикршуда таҳлил намудем.

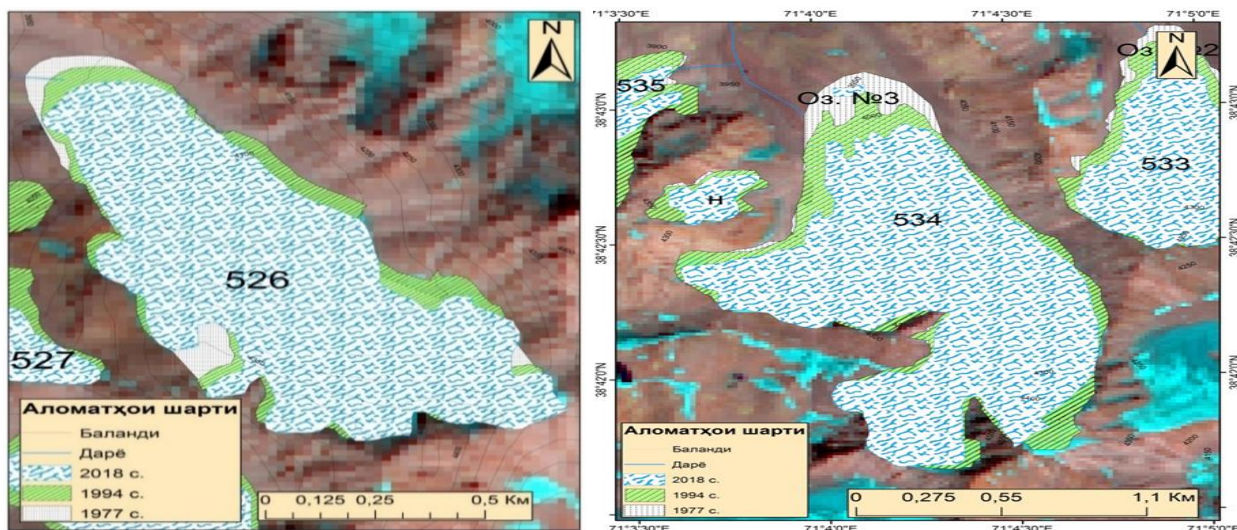
Пирияхи № 526 (Писода) дар қисмати шимолу ғарбӣ ҷойгир буда, тибқи маълумоти “Феҳристи пирияхҳои СССР” дарозияш 2,4 км ва масоҳаташ 1,4 км² -ро ташкил медиҳад. Пирияхи №526 пирияхи водигӣ буда, нуқтаи баландтарини ҷойгиршавиаш 4450 метрро дар бар мегирад.

Тибқи натиҷаи тадқиқот маълум гардид, ки масоҳати пирияхи № 526 соли 1977 -0,838 км², соли 1994 - 0,776 км² ва соли 2018 бошад 0,719 км² гардидааст. Забонаи пириях аз соли 1977 то 2018 125 м коҳиш ёфтааст. Аз соли 1977 то соли 2018 0,119км² коҳиш ёфтааст, ки дар як сол ба 3 м рост меояд.

Забонаи пирияхи мазкур соли 1977 дар баландии 3960 м ҷойгир буд. Ин нишондод дар соли 2018 тағйир ёфта, забонаи пириях 40 м ба қафо рафта, дар баландии 4000 метр қарор гирифтааст.

Пирияхи № 534 - яке аз пирияхҳои калонтарини ҳавзаи дарёи Писода ба шумор рафта, дар қисмати шимолу ғарбии ҳавза ҷойгир аст. Пирияхи мазкур ба намуди пирияхҳои водигӣ дохил мешавад. Масоҳати он тибқи маълумоти

“Феҳристи пирахҳои СССР” 2,5 км² буда, дарозиаш 2,7 км ро ташкил медиҳад. Нуқтаи баландтарини пирах 4550 м аст.



Расми 2-3. Натиҷагирӣ аз тағйирёбии пирахҳои № 526 ва № 534 дар давраи солҳои 1977 – 2018 бо барномаи Arcgis 10.5

Пирахии № 534 на танҳо аз қисмати забона, балки аз тамоми паҳлӯ коҳиш ёфтааст (расми 3). Дар давоми солҳои 1977 то 2018 забонаи пирах 410 м коҳиш ёфтааст, ки ин нишондод то соли 1994 140 м ва то 2018 270 метрро ташкил медиҳад. То соли 1994 нишондоди коҳишёбӣ дар як сол ба 8 м рост меояд ва то соли 2018 бошад ба ҳар соле 11,3 м мувофиқ меояд.

Забонаи пирах соли 1977 дар баландии 3975м ҷойгир буда, то соли 2018 50 м боло рафтааст. Соли 2018 нӯги забонаи пирах дар баландии 4025 м қарор гирифтааст.

Сабабҳои гуногун коҳиш ёфтани масоҳати пирахҳо ба баландӣ, намуди пирах, масоҳат ва минтақаи ҷойгиршавии ҳар як пирах дар ҳавза вобаста аст. Чи тавре, ки аз ҷадвали 1 маълум мегардад коҳишёбии пирахҳои каравии шимолӣ ва каравии шимолу ғарбӣ нисбатан зиёдтар ба назар мерасад, ки 60-70% -ро ташкил медиҳанд. Пирахҳои нишебӣ ва наздинишебии шимолу шарқӣ дар ҳудуди 40% коҳиш ёфтаанд. Пирахҳои водигӣ аз 7% то 20% коҳиш ёфтаанд, аммо пирахҳои каравӣ-водигӣ бошад ҳудуди 30% -и масоҳаташонро талаф додаанд.

Масоҳати пирахҳои ҳавзаи дарёи Писода солҳои 1994 ва 2018

Р/т	Номи пирах	Намуди морфологӣ	Мавқеи ҷойгиршавӣ	Масоҳат (аз ҷумла, масоҳати кушодаи пирах) км ²				
				Феҳри сти пирах- ҳои СССР	1994	2018	Коҳиш ёбӣ (км ²)	Нисбати соли 1994 (%)
1	№ 526	водигӣ	Шим-Ғарб	1,4	0,776	0,719	-0,057	-7,3%
2	№ 527	наздинишебӣ	Шимол	0,2	0,384	0,228	-0,156	-40,6%
3	№ 528	каравӣ	Шимол	0,1	0,147	0,086	-0,061	-41,5%
4	№ 529	каравӣ	Шим-Ғарб	0,4	0,33	0,245	-0,085	-25,8%
5	№ 530	каравӣ	Шим-Ғарб	0,1	0,343	0,103	-0,24	-70,0%
6	№ 531	каравӣ	Шимол	0,2	0,156	0,126	-0,03	-19,2%
7	№ 532	каравӣ	Шим-Ғарб	0,1	0,144	0,134	-0,01	-6,94%
8	№ 533	водигӣ	Шим	0,4	0,681	0,552	-0,129	-18,9%
9	№ 534	водигӣ	Шим-Ғарб	2,5	2,074	1,773	-0,301	-14,5%
10	№ 535	каравӣ-водигӣ	Шим-Шарқ	0,3	0,563	0,349	-0,214	-38,0%
11	№ 536	каравӣ	Шимол	0,2	0,27	0,096	-0,174	-64,4%
12	№ 537	каравӣ	Шим-Шарқ	0,1	0,171	0,137	-0,034	-19,9%
13	№ 538	каравӣ	Шарқ	0,1	0,222	0,133	-0,089	-40,1%
14	№ 539	каравӣ-водигӣ	Ҷанубу шарқ	0,2	0,212	0,13	-0,082	-38,7%
15	№ 540	каравӣ-водигӣ	Ҷанубу шарқ	0,2	0,244	0,175	-0,069	-28,3%
16	№ 541	наздинишебӣ	Шим- шарқ	0,1	0,406	0,216	-0,19	-46,8%
17	№ 542	водигӣ	Шим-шарқ	0,5	0,756	0,557	-0,199	-26,32%
Ҳисоби умумии масоҳати пирахҳо				7,1	7,927	5,778	2,12	27,1%

Ҳавзҳои водии дарёи Писода асосан аз пирахҳо сарчашма мегиранд. Ба ҷадвали 2 назар андӯхтан пас маълум мегардад, ки масоҳати ҳавзи Қизилкӯл 0,8% кам гардида, масоҳати кӯлҳои №3 ва №4 қариб 90% коҳиш ёфтааст, лекин ҳавзи №2 дар давраи 1977-1994 масоҳаташ 20% зиёд шуда, то соли 2018 дар ҳамин ҳолат устувор мондааст. Кӯлҳои №3 ва №4 кӯлҳои наздизабонагӣ буда дар дохили ях ба вучуд омадаанд ва манбаи физогириашон ин пирахҳо мебошад.

Азбаски ин кӯлҳо феълан 80-90% аз байн рафтаанд, якчанд омилҳо боис шуда метавонад. Омили асосӣ масъалаи гармшавии глобалии иқлим мебошад, ки таъсири бади худро чи ба пирахҳо ва чи ба ҳавзҳои наздипирахӣ мерасонад, сабаби дуюм дар он аст, ки ҷараёни ҳаракати об дар забонаи

пиряхҳои мазкур тағйир ёфтааст. Далели инро дар расми 1 бармало дидан мумкин аст.

Чадвали 3

Ҳавзҳо ва тағйирёбии масоҳати онҳо дар давоми солҳои 1977-2018

Кӯлҳои ҳавзаи дарёи Писода		1977	2018	Коҳишёбӣ (км ²)	Коҳишёбӣ (%)
1.	Кӯли Қизилкӯл	0,256	0,254	-0,002	-0,8%
2.	Кӯл. № 2	0,143	0,178	+0,035	+19,7%
3.	Кӯл. № 3	0,069	0,012	-0,057	-87,7%
4.	Кӯл. № 4	0,065	0,007	-0,058	-89,3%

Муҳокима

Маълум гардид, ки аз 17 пиряхи таҳқиқшуда, айни замон ҳамаашон коҳиш ёфтаанд, ки масоҳати умумиашон нисбат ба соли 1994-2018 -2,2 км² кам шудааст.

Масоҳати умумии пиряхҳои ҳавзаи дарёи Писода дар “Феҳристи пиряхҳои СССР” 7,1 км² нишон дода шудааст. Аммо дар соли 1977 аз сабаби сифати паст доштани акси фосилавии аз моҳвораи Landsat LM02 борбардорӣ гардида, ин нишондод паст ба қайд гирифта шуд. Яъне, соли 1977 масоҳати пиряхҳо дар маҷмӯъ 6,543 км²- ро ташкил дод. Акси баландсифате, ки соли 1994 тавассути моҳвораи Landsat LT05 борбардорӣ гардида буд тавонист, ки масоҳати пиряхҳоро дурусттар муайян намояд ва дар ин сол масоҳати умумӣ 7,927 км² -ро ташкил намуд.

Акси фосилавии соли 2018, ки тавассути моҳвораи фосилавии баландсифат Santinel 2A, ки дар таърихи 30.08.2018 наворбардорӣ гардидааст, муайян намуд, ки то соли 2018 коҳишёбии пиряхҳо дар ин минтақа хело зиёд гардида, қариб ки 27,1%-и масоҳати пиряхҳо аз байн рафтааст. Фоизи нишондода нисбати соли 1994 гирифта шудааст. Чунки тадқиқоти соли 1977 чи тавре ки дар қисмати болотари муҳокима гуфта шуд бо сабаби сифати паст доштани аксҳои фосилавӣ дар ин сол барои натиҷаи дуруст ба даст овардан ғайриимкон буд.

Хулоса

Ҳавзаи дарёи Писода аз 17 пирахии масоҳаташон аз 0,1 км² зиёд ва се пирахии масоҳаташон аз 0,1 км² хурдро доро мебошад. Дар ҳавзаи дарёи Писода намуди пирахҳои каравӣ, каравӣ-водигӣ, водигӣ ва наздинишебигӣ бештар дида мешаванд.

Масоҳати умумии пирахҳои водии дарёи Писода аз соли 1994 то соли 2018 -2,2 км² коҳиш ёфтаанд, ки ин нишондод 27,1% -и масоҳати умумии пирахҳоро дар бар мегирад.

Забонаи пирахии №526 – 125 м коҳиш ёфтааст, ки ба ҳар соле 3 м мувофиқ меояд. Забонаи пирах соли 1977 дар баландии 3960 м ҷойгир гардидааст ва то соли 2018 – 40 м ба ақиб рафтааст. Соли 2018 пирах дар нуктаи баландтарини 4450 м ҷойгир буда, забонааш дар баландии 4000 м қарор гирифтааст.

Забонаи пирахии №534 бошад аз соли 1977 то соли 2018 410м коҳиш ёфтааст, ки дар як сол ба 10 м мувофиқ меояд. Забонаи пирах соли 1977 дар баландии 3975 м ҷойгир буда, соли 2018 то 4025 м боло рафта, забонаи пирах 50 м ақибнишинӣ намудааст.

Адабиёт

1. Носенко Г. А., Никитин С. А., Хромова Т. Е. Изменение площади и объёма ледников Горного Алтая (Россия) с середины XX в. по данным космических съёмок. Лёд и Снег. 2014;54(2):5-13. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2014-2-5-13>.
2. Каюмова А.К., Новикова В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции об ООН изменении климата. -Душанбе, 2014. – 167 с.
3. Дарвазский хребет – Путеводители. Долина реки Писода. https://pohod.ru/guidebook/darvaz/p_darvaz_lednikshokalndr_a.html.
Обращение 10.12. 2021 г.
4. Каталог ледников СССР. -Том 14. Средняя Азия, -Выпуск 3. Амударья. часть 9. Бассейн реки Обихингоб – Гидрометеиздат, -1978 с.
5. Adamenko M.M., Gutak Ya.M., Antonova V.A. Climate change and the size of glaciers in the Kuznetsky Alatau Mountains between 1975 and 2015. Ledi

Sneg. Ice and Snow. 2017. 57 (3): 334–342. [In Russian]. doi: 10.15356/2076-6734-2017-3-334-34.

6. Қаюмов А., Убайдуллоев У. Феҳристи истилоҳоти пирахшиносӣ – Душанбе, 2021. -24 с.

А.К.КАЮМОВ, А.Х.ДАВЛЯТОВА, Х.К.КАБУТОВ,
У.Р.УБАЙДУЛЛОЕВ, Х.ТОЛИБОВ

ОПИСАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛЕДНИКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПИСОДА

*Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников»
Национальная академия наук Таджикистана»*

Цель – изучения площади ледников бассейна реки Писода за период 1977 по 2018 гг. Были использованы спутниковые снимки Landsat1-7 и Sentinel 2A. Потеря площади ледников бассейна реки Писода за анализирующий период составляет 2,2 км² этот показатель составляет 27,1%. Средняя скорость потери площадей ледников разная в зависимости от позиции и высоты над уровнем моря. Скорость уменьшения площади ледников с 1977 по 1994 гг. медленнее чем в период 1994 по 2018гг.

Ключевые слова: ледник, деградация ледника, изменение площади, космическая съемка, бассейн Писода, зондирование.

A.K.KAYUMOV, A.KH. DAVLYATOVA, KH.K.KABUTOV,
U.UBAYDULLOEV, KH.TOLIBOV

DESCRIPTION OF CHANGE IN GLACIER AREA IN THE PISODA RIVER BASIN

*State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers"
National Academy of Sciences of Tajikistan"*

The goal is to study the area of glaciers in the Pisoda river basin for the period 1977 to 2018. Satellite images from Landsat1-7 and Sentinel 2A were used. The loss of the area of glaciers in the Pisoda river basin for the analyzed period is 2.2 km², this figure is 27.1%. The average rate of loss of glacier areas is different depending on the position and height above sea level. The rate of decrease in the area of glaciers from 1977 to 1994 slower than between 1994 and 2018.

Key words: glacier, glacier degradation, area changes, satellite imagery, Pisoda basin, sounding.

УДК: 551.324.43

А.К.КАЮМОВ, У.А.АМИРОВ, Х.К.КАБУТОВ, Х.Д.НАВРУЗШОЕВ

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ДЕГРАДАЦИИ ЛЕДНИКОВ ПРИТОКОВ РЕКИ ИШТАНСАЛДЫ БАСЕЙНА РЕКИ СУРХОБ

*Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной
академии наук Таджикистана»⁴*

Цель- изучения динамики деградации ледников бассейна реки Иштансалды за период с 1994 по 2021гг. Анализ результатов показал, что за период с 1994 по 2021 гг. площадь ледников сократилась на 9,065 км², что составляет 16% от общей площади оледенения.

По сравнению с данными Каталога ледников СССР 1971 года, общая площадь ледников в 1994 году увеличилась на 6,2 км², что составляет 16% процентов от общей площади ледников.

Выявлено, что 32% ледников имеют юго - восточную экспозицию и в среднем за период 1994-2021 гг., наибольшее сокращение (1,554 км²) получили ледники восточной, юго-восточной, и северо-восточной экспозиции: соответственно 0,455 км², 0,251 км² и 0,27 км². Площадь только одного ледника, с юго-восточной экспозицией, увеличилась 0,464 км².

Ключевые слова: деградация ледника, изменение площади, изменение климата, река Иштансалды, река Сурхоб, дистанционное зондирование.

Введение

Изменение климата отрицательно влияет на площадь оледенения в горных экосистемах, но темпы и характер такого влияния различны в разных горных регионах мира. Особенную угрозу такое влияние представляет в регионе Центральной Азии, расположенном в центре материка, в аридной зоне, вдали от влажных океанических атмосферных потоков.

Изменение климата в Центральной Азии прежде всего – проявляется в виде повышения температуры, уменьшения осадков и таяния ледников –

Адрес для корреспонденции: Каюмов Абдулхамид Каюмович, Амиров Умед. 734025, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. Рудаки, 33, “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”. E-mail: abdkaumov@mail.ru; umed.cryos@gmail.com

важных составляющих питания центрально - азиатских рек [8].

Основная причина разрушения ледников – глобальное потепление климата, на которое накладываются природные явления (загрязнение ледников пылью, переносимой пыльными бурями из Афганистана, Ирана, Китая, пустынных районов Центральной Азии) и антропогенная деятельность человека (вынос солей и пыли с осушенного дна Арала - с территории высохшего дна Аральского моря ежегодно выносятся на площадь 400 000 км² более 1 млн т соли и песка, содержащих остатки удобрений). Осаждение природного и антропогенного аэрозоля на ледники и снежные покровы вызывает изменение отражательной способности снега и льда, увеличивает количество поглощаемой солнечной энергии и усиливает процессы таяния [8].

Целью данной работы является изучение динамики изменения ледников притока реки Иштансалды бассейна реки Сурхоб за период 1994-2021 гг.

Район исследования

Река Иштансалды является притоком реки Коксу и относится к бассейну реки Сурхоб. В бассейне реки Иштансалды, по данным Каталога ледников СССР, насчитывается 31 ледников (рис. 1), общей площадью 50,8 км².

Ледник Иштансалды относится к ледникам дендритного типа и имеет общую длину 9,8 километра. Площадь ледника составляет 15,7 квадратных километра и расположен на высоте от 2820 до 4500 метров над уровнем моря. Крутые потоки фирна и льда спускаются с перевала Тальбе, высотой 4052 метра над уровнем моря. Нижние 3,2 километра части ледника закрыты мореной. Большое участие в питании ледника принимают лавины и обвалы фирна со склонов [9]. Ледник образуется из восьми основных потоков льда, конец его языка спускается до отметки 2820 м, а низшая точка открытой части составляет 3300 м. В верховьях ледника, крутые потоки фирна и льда, спускаются почти с высот 5400—5500 м. Таким образом, вертикальный диапазон ледника, составляет 2700 м, а ледниковый коэффициент равен 0,73 [1].

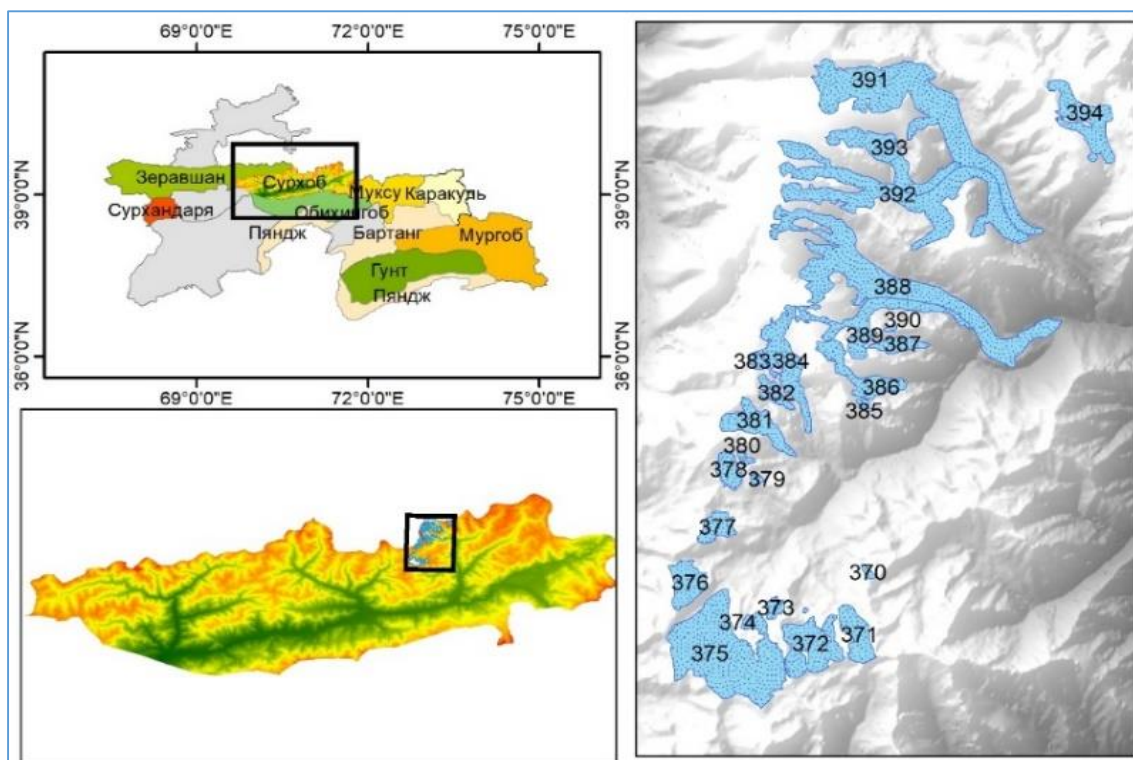


Рис. 1. Карта района исследования

Методика исследования

При проведении исследований, для идентификации и уточнения границ ледников были использованы космические снимки со спутников Landsat и Sentinel 2A 1994, 2001, 2011, 2021 гг., и программа Google Earth [6, 3].

Пространственное разрешение зональных каналов для снимков Landsat 2 составляет 60 м, Landsat 7 панхроматических каналов - 15м, а для снимков Sentinel 2A -10 м [5]. Оцифровка границ ледников проведена вручную по синтезированному изображению, созданному из каналов SWIR-NIR-RED=5-4-3 снимков Landsat, и для снимков Sentinel 2A из каналов SWIR-NIR-RED=11-8-4, зарегистрированного в проекции WGS 1984 UTM Zone 42N [4].

Результаты

Результаты определения площади исследуемых ледников в бассейне р. Иштансалды за период 1994-2021гг., полученных путем дешифрирования космических снимков со спутника Landsat 2-7 и Sentinel 2A приведены в таблице 1.

Анализ результатов проведенных измерений показал, что в период с 1994 по 2021 гг. площадь ледников бассейна реки Иштансалды сократилась на

9,065 км², что составляет 16% общей площади 1994 года. Наибольшее уменьшение, в среднем на 52,9%, наблюдается на 9 ледниках (370, 373, 374, 379, 380, 382, 384, 385, 390), а на остальных 15 ледниках уменьшение составило, в среднем 17,2%.

За период от проведенных в 1968 году измерений до проведенных в 1994 году, наоборот общая площадь ледников увеличилась на 6.2 км², что вероятнее всего зависит от разных периодов времени.

Лишь один ледник (ледник 388) увеличился в площади на 6.5% по сравнению с 1994 годом. В то же самое время общая площадь ледников в 2021 году по сравнению с площадью, приведенной в Каталоге ледников СССР 1971 года, сократилась на 2,87 км², т.е. на 5,6%. Наибольшее сокращение получили площади ледников 374, 378, 379, 380 и 385, в среднем на 55,9 %, а площади ледников 381, 382, 386, 388, 391, 392 и 394 увеличились в среднем на 13,3%. Площадь остальных ледников сократилась, в среднем, на 12% рис.2.

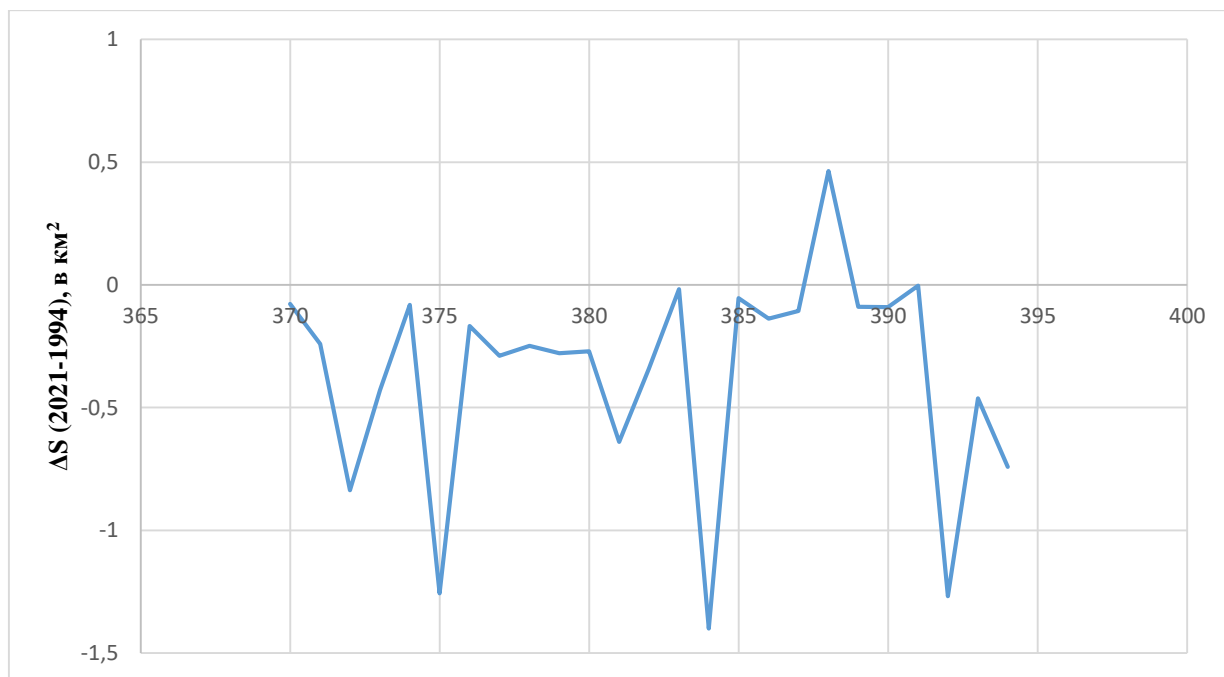


Рис. 2. Изменение площади ледников за период 1994-2021 гг.

Таблица 1

Показатели ледников бассейна реки Иштансалды за период 1956-2021 гг.

Номер ледника	Морфологический тип ледников	Общая экспозиция	Площадь в км ² по Каталогу ледников СССР	Площадь, км ²	Площадь, км ²	Площадь, км ²	Площадь, км ²	ΔS (2021-1994)	В % к 1994 г	ΔS (2021-1959 гг.)	В % к 1946-1959 гг.
			1946-1959 гг.								
370	асимм. кар.	С	0,1	0,174	0,123	0,145	0,097	-0,077	-44,3%	-0,003	-3%
371	дол.	СЗ	1,4	1,37	1,143	1,242	1,129	-0,241	-17,6%	-0,271	-19,4%
372	склон.	С	3,2	3,087	2,431	2,641	2,25	-0,837	-27,1%	-0,95	-29,7%
373	вис. кар.	СЗ	0,3	0,682	0,258	0,507	0,253	-0,429	-62,9%	-0,047	-15,7%
374	вис (пригребн.)	С	0,2	0,185	0,085	0,12	0,103	-0,082	-44,3%	-0,097	-48,5%
375	дол.	СЗ, СВ	8,2	8,273	7,258	7,659	7,016	-1,257	-15,2%	-1,184	-14,4
376	склон.	СВ	1,3	1,276	1,082	1,191	1,108	-0,168	-13,2%	-0,192	-14,8%
377	склон.	СВ	1,0	0,993	0,686	0,796	0,704	-0,289	-29,1%	-0,296	-29,6%
378	кар.	Ю	1,2	0,887	0,621	0,787	0,638	-0,249	-28,1%	-0,562	-46,8%
379	кар.	В	0,4	0,374	0,485	0,309	0,095	-0,279	-74,6%	-0,305	-76,3%
380	дол.	В	0,3	0,396	0,104	0,37	0,126	-0,27	-68,2%	-0,174	-58%
381	вис.	ЮВ	1,2	2,028	0,217	1,857	1,388	-0,64	-31,6%	0,188	15,7%
382	вис.	ЮВ	0,4	0,761	1,422	0,639	0,42	-0,341	-44,8%	0,02	5,0%
383	вис.	ЮВ	0,2	0,208	0,314	0,22	0,191	-0,017	-8,2%	-0,009	-4,5%
384	дол.	Ю	2,4	3,519	0,148	3,082	2,119	-1,4	-39,8%	-0,281	-11,7%
385	кар.	ЮВ	0,2	0,154	2,44	0,142	0,1	-0,054	-35,1%	-0,1	-50,0%
386	кул.	ЮВ	1,1	1,553	0,1	1,614	1,415	-0,138	-8,9%	0,315	28,6%
387	кар.-дол.	ЮВ	0,7	0,662	1,374	0,568	0,556	-0,106	-16,0%	-0,144	-20,6%
388	дол., часть сл. дол.	ЮВ	6,9	7,083	6,748	8,019	7,547	0,464	6,6%	0,647	9,3%
389	дол., часть сл. дол.	СВ	2,6	2,27	1,99	2,52	2,181	-0,089	-3,9%	-0,419	-16,1%
390	вис.	СВ	0,1	0,147	0,07	0,128	0,056	-0,091	-61,9%	-0,044	-44%
391	дол., дендр.	В, ЮВ	7,5	7,516	7,653	7,503	7,513	-0,003	-0,04%	0,013	0,25%
392	сл. дол., часть дендр.	В, ЮВ	5,9	7,944	7,217	8,119	6,675	-1,269	-16%	0,775	13,%
393	дол., часть дендр.	ЮВ, В	2,3	2,659	2,69	2,606	2,197	-0,462	-17,4%	-0,103	-4,5%
394	дол.	Ю	1,7	2,797	2,596	2,905	2,056	-0,741	-26,5%	0,356	20,9%
Всего:			50,8	56,998	49,255	55,689	47,933	-9,065	-16%	-2,87	-5,6%

По экспозиции ледники распределены следующим образом: северная - 3 (12%), северо-западная – 2,5 (10%), северо-восточная – 4,5 (18%), восточная - 4 (16%), юго-восточная – 8 (32 %), и южная - 3 (12%).

Наибольшее количество ледников имеют юго - восточную экспозицию (32%). Наибольшее сокращение, в среднем, на 1,554 км² получили ледники восточной, юго-восточной, и северо-восточной экспозиции: северной экспозиции – 0,455 км², юго-восточной – 0,251 км² и северо-восточной экспозиции – 0,27 км² (рис.3). Площадь только одного ледника, с юго-восточной экспозицией увеличилась 0,464 км².



Рис.3. Изменение площади ледников в зависимости от экспозиции за период 1994-2021 гг.

Присутствие ледникового озера непосредственно у языковой части ледников увеличивает их таяние. Такая картина наблюдается у ледников 372, 375 и 376 (рис.4), которые за период 1994-2021 гг. потеряли 2,265 км² площади, а их языковые части отступили соответственно на 450, 350 и 180 метров.

По данным рис. 4 и 5 ледники бассейна реки Иштансалды за период 1994-2021 гг., отступает от 250 до 850 м. Следует отметить, что площадь ледников также уменьшается за счет сокращения боковой части ледников, этот процесс наиболее ярко проявляется на ледниках 384 и 385.

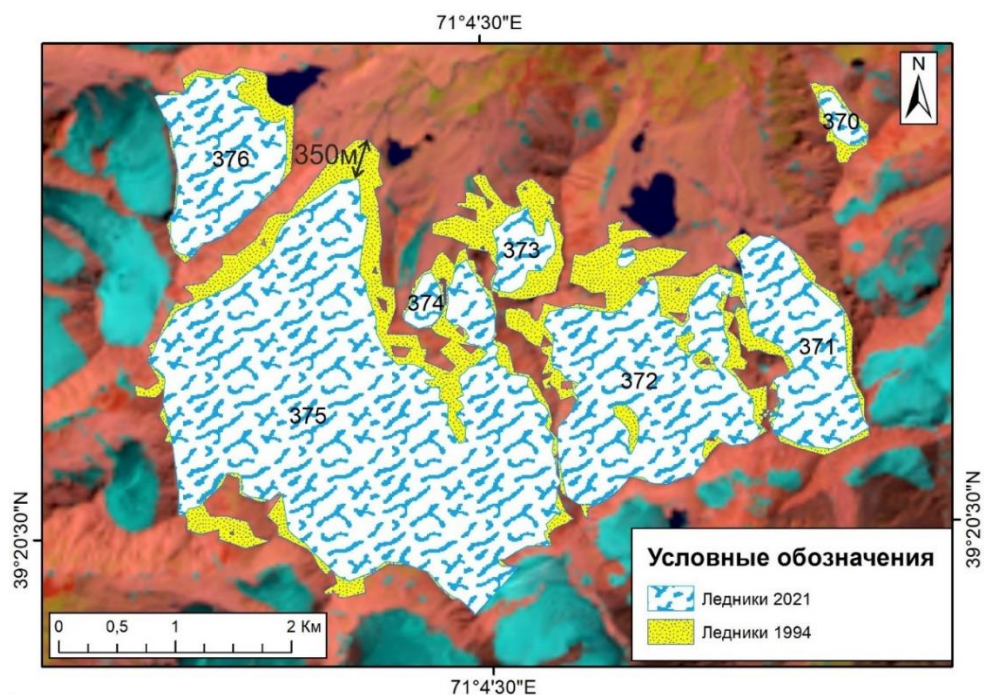


Рис. 4. Деградация ледников притоков Иштансалды за период 1994-2021 гг.

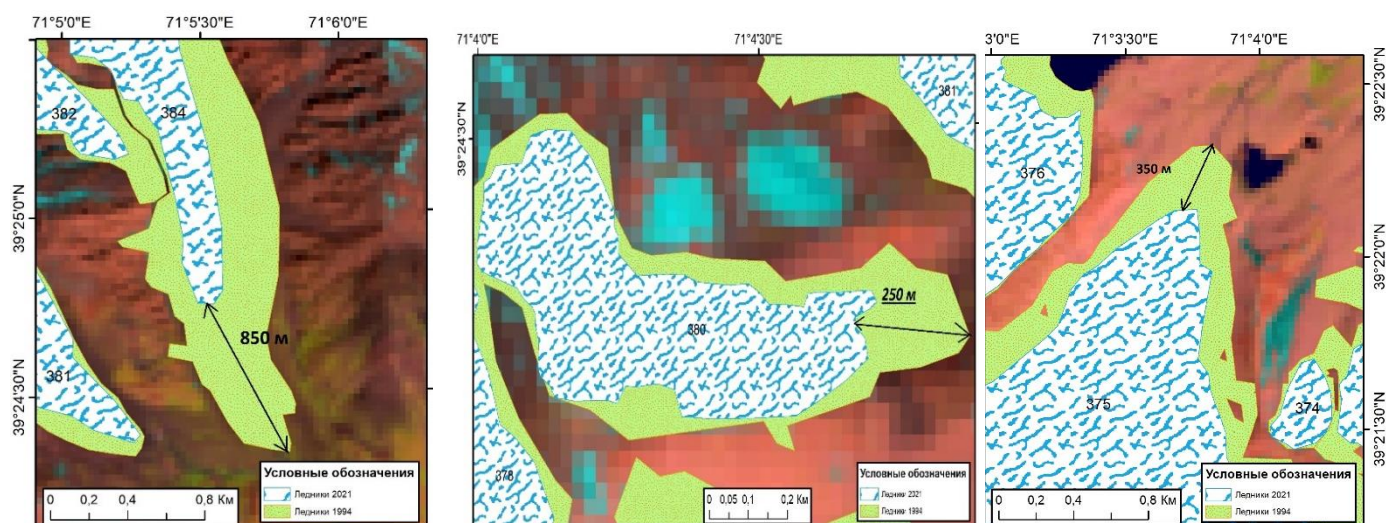


Рис. 5. Деградация отдельных ледников бассейна реки Иштансалды за период 1994-2021 гг.

Выводы

Впервые после каталогизации ледников СССР выполнена оценка состояния ледников малоизученного бассейна реки Иштансалды за период 1994-2021 гг. Анализ результатов показал, что за период с 1994 по 2021 гг. площадь ледников бассейна реки Иштансалды сократилась на 9,065 км², что составляет 16% от общей площади 1994 года.

За период от проведенных 1959 году измерений (согласно КATALOGу ледников СССР 1971 года) до 1994 года наоборот, общая площадь ледников увеличилась на 6,2 км².

Наибольшее количество ледников имеют юго-восточную экспозицию (32%). Наибольшее сокращение, в среднем, на 1,554 км² получили ледники восточной, юго-восточной, и северо-восточной экспозиции: северной экспозиции - 0,455 км², юго-восточной – 0,251 км² и северо-восточной экспозиции – 0,27 км². Площадь только одного ледника, с юго-восточной экспозицией увеличилась 0,464 км².

Стоит отметить, что ледниковое озеро у языковой части ледников приводит к отколу их языковых частей и увеличивает их сокращение. Такая картина наблюдается у ледников № 372, 375 и 376 которые за период 1994-2021 гг. потеряли 2.265 км² площади, а их языковые части отступили соответственно на 500, 350 и 180 метров.

Литература

1. Каталог ледников СССР. -Том 14. Средняя Азия. -Выпуск 3. Амударья. -Част 6. Бассейн реки Сурхоб между устьями рек Обихингоу и Муксу.- Л. Гидрометеиздат, 1971. С.35-39.
2. Каюмов А. К. Оценка состояния оледенение верховья реки Сурхоб на примере бассейна реки Камаров в условиях изменения климата. Известия Национальной академии наук Таджикистан. -№1(182). 2021г. Стр.142.
3. Кокарев А. Л., Шестерова И. Н. Современные изменения горных ледников на южном склоне Джунгарского Алатау. – Лёд и Снег, 2014. - № 4 (128), С. 54-62.
4. Муравьев А. Я. Изменение размеров ледников Кроноцкого полуострова и массива Алней-Чашаконджа на Камчатке во второй половине XX – начале XXI в. Лёд и Снег. 2014. -№ 2 (126) С. 22-28.

5. Наврузшоев Х. Д. Деградация ледников южного склона Рушанского хребта по космическим снимкам и Каталогу ледников СССР. – Известия АНРТ, 2020, №4(181), С. 137-147.
6. Тавасиев Р. А. Деградация ледника Караугом. Часть 1. Динамика отступления ледника. Вестник Владикавказского научного центра. -Том 17. -№4. -2017. С. 19-27.
7. Шульц В. Л. Реки Средней Азии. [Текст] /В.Л. Шульц. -Л.: 1965. -691с.
8. Электронный ресурс. Деградация ледников. <http://www.cawater-info.net/bk/7-3.htm> (Дата обращения. 08.12.2021).
9. Электронный ресурс <http://wiki.risk.ru/index.php/%D0%A1%D1%83%D1%80%D1%85%D0%BE%D0%B1>. (Дата обращения: 18.01.2022)
10. Электронный ресурс. <https://www.silkadv.com/en/content/lednik-ishtansaldy> (Дата обращения: 18.01.2022).
11. Электронный ресурс. Атмосферные осадки в Республике Таджикистан за 1990-2013гг: <https://livingasia.online> (Дата обращения: 18.01.2022).

А.Қ.ҚАҶОМОВ, У.АМИРОВ, Х.Қ.КАБУТОВ, Х.Д.НАВРУЗШОЕВ

АРЗЁБИИ РАВАНДИ КОҲИШЁБИИ ПИРЯХҲОИ ШОҲОБҲОИ ДАРЁИ ИШТАНСАЛДӢ ДАР ҲАВЗАИ ДАРЁИ СУРХОБ

Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзишии пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

Ҳадаф омӯзиши динамикаи таназзули пиряхҳо дар ҳавзаи дарёи Иштансалдӣ дар давраи аз соли 1994 то соли 2021 мебошад. Таҳлили натиҷаҳо нишон дод, ки дар давраи аз соли 1994 то соли 2021 масоҳати пиряхҳо 9,065 км² кам шудааст, ки ин 16% масоҳати умумии пиряхҳоро ташиқ медиҳад.

Масоҳати умумии пиряхҳо дар соли 1994 нисбат ба маълумоти “Феҳристи пиряхҳои СССР” дар соли 1971 6,2 км² зиёд шуд, ки ин 16% майдони умумии пиряхҳоро ташиқ медиҳад.

Муайян карда шуд, ки 32% пиряхҳо экспозитсияи ҷанубу шарқӣ доранд ва ба ҳисоби миёна дар давраи солҳои 1994-2021 камшавии бештарро (1,554 км²) пиряхҳои экспозитсияи шарқӣ, ҷанубу шарқӣ ва шимолу шарқӣ ба даст овардаанд: мутаносибан 0,455 км², 0,251 км² ва 0,27 км². Масоҳати танҳо як пирях, ки дар ҷанубу шарқ ҷойгир аст, 0,464 км² зиёд шудааст.

Калидвожаҳо: таназзули пиряхҳо, тағйирёбии минтақа, тағйирёбии иқлим, дарёи Иштансалдӣ, дарёи Сурхоб, таҳлили фосилавӣ.

ESTIMATION OF GLACIER DEGRADATION OF THE ISHTANSALDA RIVER IN THE SURKHOB RIVER BASIN BY REMOTE METHOD

State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan"

The goal is to study the dynamics of degradation of glaciers in the Ishtansalda river basin for the period from 1994 to 2021. Analysis of the results showed that for the period from 1994 to 2021. the area of glaciers has decreased by 9.065 km², which is 16% of the total area of glaciation.

Compared with the data of the USSR Glacier Catalog of 1971, the total area of glaciers in 1994 increased by 6.2 km², which is 16% of the total area of glaciers.

It was revealed that 32% of glaciers have a south-east exposure and on average for the period 1994-2021, the largest reduction (1.554 km²) was received by glaciers of eastern, southeastern, and northeastern exposure: respectively 0.455 km², 0.251 km² and 0.27 km². The area of only one glacier, with a southeastern exposure, increased by 0.464 km².

Key words: glacier degradation, area change, climate change, Ishtansaldy river, Surkhob river, remote sensing.

УДК: 551.324

Г.У.УМИРЗАКОВ ^{1,2}, К.Р.РАХМОНОВ ¹, Х.А.МАМИРОВ ³,
Ф.Н.АКБАРОВ ³, Г.Б.ЗУЛПИХАРОВ ^{1,3}

ИЗМЕНЕНИЕ БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКА БАРКРАК
СРЕДНИЙ, ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И
ЕГО ВКЛАД В ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА РЕКИ ОЙГАИНГ

1. Национальный университет Узбекистана, факультет
"Гидрометеорология".

2. НИГМИ, "Отдел гляциология"

3. Центр гляциальной геологии ИГГ ГФУ ГОСКОМГЕОЛОГИИ РУз.

В статье сделан анализ годового баланса массы ледника Баркрак Средний за 2016-2020 гг. и изучено влияние на него климатических факторов. Также, общий ледниковый сток из бассейна реки Ойгуанг был рассчитан на основе количества стока, формируемого ледника Баркрак Средний. Результаты расчетов сопоставлены с вкладом ледников, определенным, методом расчленения гидрографа расходов вод реки Ойгаинг. В заключительной части статьи представлены предложения и рекомендации, которые следует учитывать при изучении баланса массы ледников и их вклада, как источники питания рек.

Ключевые слова: баланс массы ледника, климатические факторы, питание рек, формирование стока, метод расчленения гидрографа

Как известно, что водные ресурсы - это продукт климатических условий. Существенные изменения наблюдаются также в гидрологическом режиме рек в результате глобального изменения климата. Основные крупные реки Средней Азии - Амударья, Сырдарья, Зарафшан, Чирчик, Сох - начинаются с ледников [4]. Реки, питающиеся от ледников, характеризуются устойчивостью летнего паводкового периода. Мониторинг ледников в контексте изменения климата служит для изучения сезонных и межгодовых режимов стока в речных бассейнах. В связи с этим, изучение баланса массы ледников и оценка влияния

климатических факторов на ледниковый режим имеют большое значение для Узбекистана, который является жизненно важным ресурсом.

Уменьшение размеров ледников является одним из наиболее очевидных индикаторов изменения климата. Мониторинг этих изменений является одной из ключевых целей международной стратегии мониторинга климата, разработанной Всемирной службой мониторинга ледников (WGMS). Многолетние ряды данных баланса массы ледников позволяют определить долю стока с ледников в речном стоке и поэтому служат основой для калибровки и оценки точности гидрологических моделей.

Основной целью данной статьи является изучение влияния климатических факторов на баланс годовой массы ледника Баркрак Средний и формирования стока реки Ойгаинг.

Объектом исследования являются ледник Баркрак Средний и бассейн реки Ойгаинг. Известно, что река Ойгаинг является главной составляющей реки Пскем и относится к режиму питания рек снегово-ледниковый по классификации [4]. По данным [5], около 50 лет назад в бассейне Ойгаинг было 120 ледников общей площадью 68,34 км². Эта составила 56% от общей площади ледников в бассейне реки Пскем. Однако исследования последних лет показали, что площадь ледников в бассейне сократилась на 30% [3]. В данном исследовании использованы полученные материалы из полевых работ по балансу массы ледника Баркрак в рамках проекта CICADA [7]. Для изучения влияния климатических факторов на баланс массы ледника использованы данные среднемесячных атмосферных осадков и температура воздуха, наблюдаемые на метеостанции Ойгаинг. Суточные расходы воды, измеренные на реке Ойгаинг (гидропост в устье), также использованы для изучения вклада ледников на формирование стока реки.

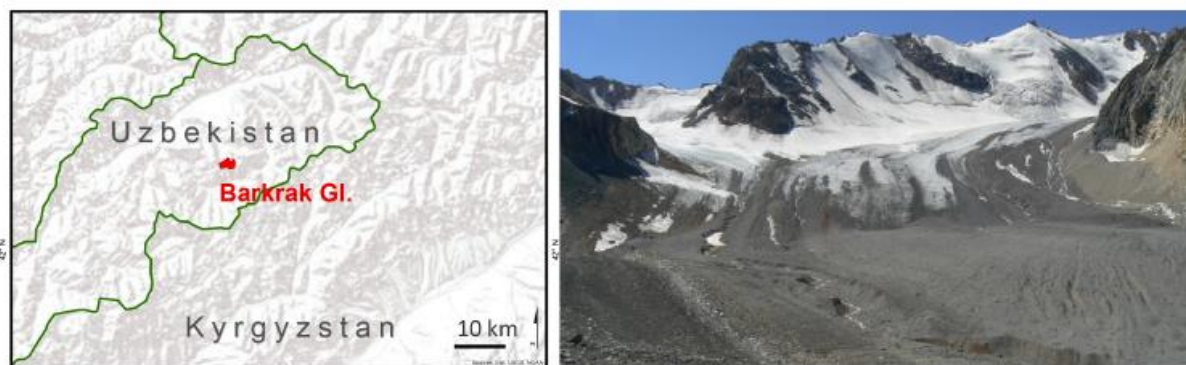


Рисунок 1. Расположение и вид ледника Баркрак Средний. Источник:[6]

Годовой баланс массы ледника Баркрак Средний определен контурным способом гляциологического метода за гидрологические годы 2016-2020 (рисунок 2). Как видно из рисунка 2, баланс массы ледника во все гидрологические годы находился в отрицательном значении, толщиной -22-32 см. Это свидетельствует об уменьшении объема ледника за наблюдаемый период. Известно, что состояние и устойчивость ледников зависят от климатических факторов. Поэтому, для изучения влияния метеорологических факторов на ледник Баркрак Средний, количества атмосферных осадков и температуры воздуха, наблюдаемых на метеостанции Ойгаинг, были изучены и сопоставлены для гидрологического года (рисунок 2). За исследуемый период температура воздуха колебалась в диапазоне $+2,1 - +3,9^{\circ}\text{C}$. Атмосферные осадки в наблюдаемые годы составляли от 689 до 1107 мм. Видно, колебание количества годовых атмосферных осадков относительно выше чем температуры воздуха. Из-за короткого времени наблюдений статистическая зависимость между балансом массы ледника и атмосферными осадками и температурой воздуха не рассчитывалась. Однако, при сопоставлении количественных значений, изображенных на графике, можно увидеть ряд несколько иных результатов, чем ожидалось. Например, в 2016-2017 гидрологическом году было определено одно из минимальных значений баланса массы ледника (-32 см), зафиксировав максимальное значение (1107 мм) атмосферных осадков за исследуемый период. Фактически, когда выпадает много осадков, баланс массы ледника стремится к положительным значениям [2]. Аналогичные инверсивные результаты можно увидеть и по

температуре воздуха. В 2017-2018 годах при температуре воздуха $+3,9^{\circ}\text{C}$ баланс массы ледника составлял -22 см, это означает, что ледник таял меньше, чем в другие годы. Обычно, высокие температуры воздуха ускоряют таяние ледников и дают низкое отрицательное значение в балансе массы ледника [2].

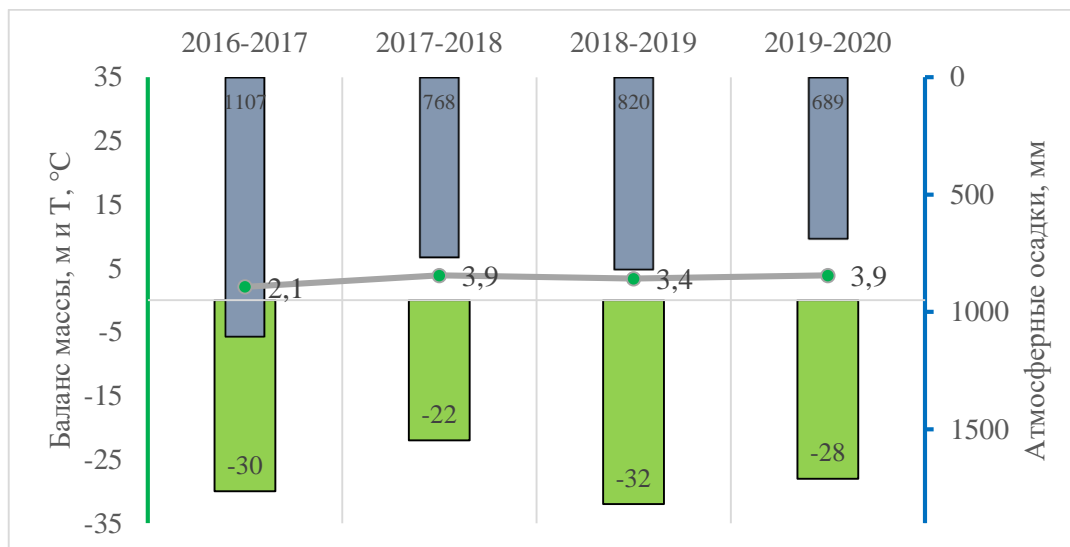


Рисунок 2. Баланс массы ледника Баркрак Средний и атмосферные осадки и температура воздуха на метеостанции Ойгаинг за гидрологические периоды 2016-2020

Для изучения вклада таяния ледников в речной сток на объекте исследования были изучены суточные расходы воды, наблюдаемые на реке Ойгаинг, и составлены их гидрографы (рисунок 3). По гидрографу расходы воды с $37,8 \text{ м}^3/\text{сек}$ в 2017 г. на реке Ойгаинг наблюдался многоводный год. Минимальный годовой расход воды на реке составляет $21,1 \text{ м}^3/\text{сек}$ в 2020 году. С методом расчленения гидрографа определено количественный вклад питания реки - снеговой, ледниковой и подземной вод (Таблица 1). Из-за небольшой доли дождевой сток на реке по сравнению с другими источниками, ее вклад условно не учитывался (или ее вклад лежит в 3-х источниках). Определен вклад ледника Баркрак и всех ледников бассейна на формирование стока реки Ойгаинг. Для этого, вклад ледника Баркрак на формирование стока принималась сумма количества потерянных (тающих) в балансе массы ледника и количество годовой атмосферных осадков на его поверхности. Основываясь на годовом расходе, определенном с площади ледников, были определены расходы, формируемые всеми ледниками в бассейне. При этом

общая площадь ледников в бассейне Ойгаинга принята 57,8 км² с учетом сокращения на 30% по сравнению с данными [5]. Результаты сопоставлены со значениями, определенными методом расчленения гидрографа (Таблица 1). Сравнения показывают, что количество вклада ледников на формирование стока, определенный методом баланса массы, был на 2,5 -3 раза меньше, чем величина, определенная методом расчленения гидрографа. Расчеты показывают, что количество вклада ледников не будет значительно больше даже с учетом градиента осадки с увеличения высоты. Высокий уровень различий в сравнениях также требует изучения вклада источников питания рек более обширно и детально. В будущей работе также планируется применить другие методы, используемые для количественной оценки формирования речного стока.

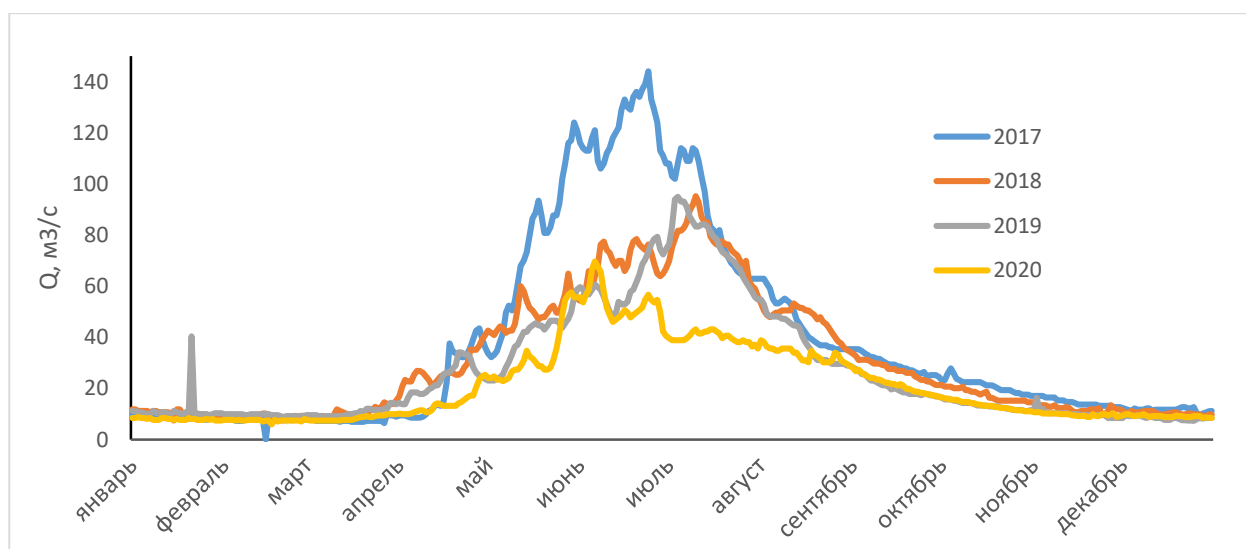


Рисунок 3. Гидрографы расходов вод реки Ойгаинг за период 2016-2020

Таблица 1.

Результаты доли источников питания реки Ойгаинг, определенные из расчленения гидрографа и массы баланса ледников с атмосферными осадками

	*Ледниковое питание, км ²	Питания реки, км ³			
		Снеговой	Ледниковой	Подземной	Общий (годовой)
2017	69,9	452,6	205,8	534,8	1193,2
2018	51,2	308,0	135,2	527,4	970,6
2019	73,8	264,4	172,5	421,3	858,2
2020	64,5	176,9	138,6	350,0	665,5

* Ледниковое питание определено на основе баланса массы ледника Баркрак и атмосферных осадков, км²

Выводы. Годовой баланс массы ледников был отрицательным во все исследованные годы. При сравнении атмосферных осадков и температуры воздуха с балансом массы ледника за исследуемый период устойчивой связи не наблюдалось. Можно объяснить это рядом аргументов и предположений. Одним из первых предположений является недостаточное количество лет наблюдений баланса массы ледника. Небольшая разница (10 см) между годовым балансом массы ледников в изученные годы также является причиной отсутствия связи с климатическими факторами. Также, необходимо учитывать, что не только климатические факторы, но и другие факторы, как орографическое положение и тип ледника, играют важную роль в ледниковом режиме. Наблюдения показали, что ледник Баркрак преобразовался из долинно-карнового ледникового типа в каровой [3]. Отмечено, что ледники карового типа устойчивы к изменению климата [1]. Результаты показывают о необходимости более глубокого изучения связи между балансом ледниковой массы и климатическими факторами. Поэтому, учитывая сложные физические процессы в ледниковом режиме, считаем необходимым обратить внимание на: 1) компоненты ледника - балансовые значения накопления и абляции, 2) изменения атмосферных осадков и температуры воздуха в холодные и теплые периоды 3) другие метеорологические показатели - относительная влажность, солнечная радиация, облачность и т. д.

Учитывая большое влияние изменения климата на формирование речных потоков, возникает необходимость в совершенствовании методики гидрографии, типичной для рек Центральной Азии, разработанной в 60-х годах прошлого века. Естественно, также необходимо проверить точность использованных расчетов по определению вклада ледников на формирование стока реки.

Литература

1. Глазырин Г. Е., Распределение и режим горных ледников. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. -184с.
2. Коновалов В.Г. Таяние и сток с ледников в бассейнах рек Средней Азии.

- Л.: Гидрометеиздат, 1985. -238 с.
3. Кудышкин Т. В., Тарасов Ю. А., Яковлев А. В., 2014, Изменение оледенения речных бассейнов с преобладанием малых ледников во второй половине XX – начале XXI века. Вопросы географии и геоэкологии. Алматы. С. 45-54.
 4. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ч. 1.2. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 691 с.
 5. Щетинников А.С. Ледники бассейна реки Пскем – Л.: Гидрометеиздатб, 1976. – 120 с.
 6. Hoelzle, M., Azisov, E., Barandun, M., Huss, M., Farinotti, D., Gafurov, A., & Merkushkin, A. Re-establishing glacier monitoring in Kyrgyzstan and Uzbekistan, Central Asia. Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, 6(2), 2017.- 397-418 p.
 7. <https://www.unifr.ch/geo/cryosphere/en/projects/glacier-monitoring-and-dynamics/cicada.html>

G. U. UMIRZAKOV, K. R. RAKHMONOV, KH. A. MAMIROV, F. N. AKBAROV, G. B. ZULPIKHAROV

CHANGES IN THE MASS BALANCE OF THE BARKRAK SREDNY GLACIER UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS AND ITS CONTRIBUTION TO THE FORMATION OF THE OYGAING RIVER RUNOFF

In this paper annual mass balance of Barkrak Sredniy glacier for 2016-2020 was analyzed and influence of climatic factors on the glacier was studied. Moreover, the total glacial runoff from the Oygiang River basin was estimated based on the amount of runoff calculated by Barkrak Sredniy glacier. The estimation results were compared with the contribution of glaciers, determined by the method of hydrograph separation of water discharge of the Oygaing River. In conclusion, proposals and recommendations on studying glacier mass balance and their contribution to the river runoff formation were presented.

Key words: glacier mass balance, climatic factors, river fed, runoff formation, hydrograph separation method

УДК 551.324.63

А.Қ.ҚАЮМОВ, С.Т.ҒОЗИЕВ, У.Р.УБАЙДУЛЛОЕВ, Х.Қ.КАБУТОВ,
Ҳ.Д.НАВРУЗШОЕВ

ҲОЛАТИ ИМРӯЗАИ ПИРЯХҲОИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ СИТАРГӢ ДАР
РАВАНДИ ТАӢИРӢБИИ ИҚЛИМ

Муассисаи давлатии илмӣ “Маркази омӯзиши пиряхҳои
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”⁵

Мақсади омӯзиши пиряхҳои шохоби дарӢи Ситаргӣ ҳавзаи дарӢи Обихингоб дар рафти тағйирёбии иқлим дар давраи солҳои 1977-2018. Арзёбии ҳолати пиряхҳо бо истифода аз аксҳои кайҳонии моҳвораҳои Landsat-2, 7 ва Sentinel-2A ва барномаи ArcGIS ва Google Earth гузаронида шуд.

Таdqикоти илмӣ ва натиҷагирӣ дар пиряхҳои ҳавзаи дарӢи Ситаргӣ, дар раванди тағйирёбии глобалии иқлим муайян кардани ҳолатҳои ивазшавии масоҳати пиряхҳои шохоби дарӢи Ситаргии ҳавзаи дарӢи Обихингоб мебошад.

Натиҷаҳои ба даст оварда нишон медиҳанд, ки аксарияти пиряхҳои ҳавзаи дарӢи Ситаргӣ набзони буда, давраи омӯзиши нишон медиҳад, ки масоҳати пиряхҳои мазкур гуногун тағйир ёфтаанд.

Калидвожаҳо: пирях, ҳавзаи дарӢи Ситаргӣ, коҳишёбӣ, ғизогирӣ, аксҳои фосилавӣ.

Сарсухан

Тағйирёбии глобалии иқлим ва норасогии оби тоза аз мушкилоти ҷиддии экологист, ки тайи чанд даҳсолаи охир ҷомеаи ҷаҳониро ба ташвиши ҷиддӣ рӯ ба рӯ кардааст ва оқибати ин тағйирёбӣ ба захираҳои обӣ, инчунин ба пиряхҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон таъсири манфӣ расонда, аллакай аз худ дарак медиҳад [7].

Коҳишёбии пиряхҳо дар ин раванд хеле назаррас мебошанд ва мушкилоти зиёдеро оид ба масоили таъмини об ба миён меоранд [2].

Суроға барои муқотиба: Қаюмов Абдулҳамид Қаюмович, Ғозиев Саидбек Талбиевич. 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 33, Муассисаи давлатии илмӣ “Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”. E-mail: abdkaumov@mail.ru; goziev-s@mail.ru

Чараёни инкишофи масоҳат ва ғафсии пирахҳо, ҷойгиршавии забонаҳои онҳо нишондиҳандаҳои возеҳи таъсири тағйирёбии иқлим мебошанд. Лекин бояд дар назар дошт, ки коҳиши сатҳи болои пирахҳо ин нишондиҳандаи ниҳонии деградатсияи онҳо нест. Чунки масоҳати яхҳои дар зермонда дар ҳоли афзоиш аст. Яхбандиҳои кӯҳистонӣ ба гармшавии иқлим нисбатан тобовар буда, дертар вокуниш нишон медиҳанд, дар ҳоле, ки пӯшиши барфӣ аз ин сол ба соли дигар иваз мешавад [4].

Омӯзиш ва натиҷагирӣ аз ҳолатҳои тағйирёбии пирахҳои Тоҷикистон аз манфиат ҳолӣ набуда, барои муайян ва пешгӯӣ намудани вазъи обшавии онҳо дар солҳои оянда мусоидат мекунад [6].

Мақсади омӯзиш пирахҳои шохоби дарёи Ситаргӣ ҳавзаи дарёи Хингоб дар рафти тағйирёбии иқлим дар давраи солҳои 1977-2018. Арзёбии ҳолати пирахҳо бо истифода аз тасвирҳои моҳвораҳои Landsat-2, 7 ва Sentinel-2A, ArcGIS гузаронида шуд.

Ҳолати имрӯзаи пирахҳои болооби дарёи Ситаргӣ дар раванди тағйирёбии иқлим омӯзиш ва натиҷагирӣ аз масоҳати ҳозираи яке аз ҳавзаҳои шохоби чапи дарёи Хингоб яъне ҳавзаи дарёи Ситаргӣ мебошад [5].

Минтақаи омӯзиш

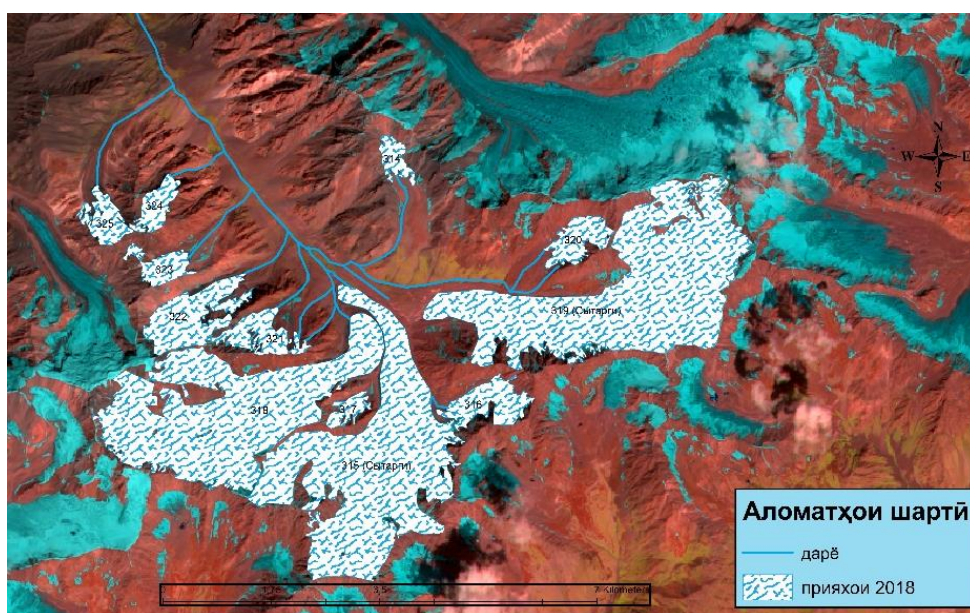
Дарёи Ситаргӣ яке аз шохобҳои чапи нисбатан калони дарёи Хингоб мебошад. Масоҳати обшораи умумии дарёи Ситаргӣ 62 км² буда, дорои 12 пирах мебошад.

Ин пирахҳоро вобаста ба мавқеи ҷойгиршавиашон ба се қисм ҷудо кардан мумкин аст: қисмати рост дорои 3 пирах, қисмати миёна дорои 2 пирах ва дар қисмати чапи дарёи Ситаргӣ 7 пирах воқеъ мебошанд.

Пирахҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ дар қаторкӯҳи Дарвоз ҷойгир шудаанд [1]. Яке аз пираҳи калонтарини ин мавзеъ пираҳи №319 мебошад, ки забонааш дар баландии 3997 метр аз сатҳи баҳр оғоз ёфта, охири нуқтаи фizioгириаш дар баландии 5040 м аз сатҳи баҳр ҷойгир шудааст.

Дарёи Ситаргӣ 6 км дарозӣ дошта, аз тарафи рост бо шоҳоби Сагдар мепайвандад. Дар тӯли 2 км, дарёи Ситаргӣ ва Сагдар аз тарафи чапи дарёҳо ба ҳавзаи дарёи Зарди Бираусо якҷоя шуда, дарёи Бохудро ташкил медиҳанд. Дарёи Бохуд дар тӯли 19 км бо дарёи Гармо ва Қирғизоб якҷоя шуда, дарёи Хингобро ташкил медиҳанд.

Пиряхҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ пиряхҳои болообӣ буда, намудашон водигии мураккаб мебошанд. Тибқи маълумоти олимони рус Варнакова Г.М. ва Рототаева О.В. майдони умумии пиряхҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ соли 1947 - 18,2 км²-ро ташкил медоданд [3].



Расми 1. Ҷойгиршавии пиряхҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ

Дар натиҷаи омӯзиш масоҳати ҳозираи майдони пиряхҳои ҳавза нисбат ба соли 1977 дар чор давра таҳқиқ ва муайян карда шуданд.

Усулҳои тадқиқот

Барои омӯзиши ҳолати пиряхҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ ҳамаи 12 пиряхҳои ин ҳавза дар давраи солҳои 1977, 2000, 2011 ва соли 2018 интихоб карда шуд.

Усулҳои омӯзиш, тадқиқот ва таҳлили ҳолати пиряхҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ дар давраи интихобшуда ба воситаи барномаҳои ГИС–технология: ArcGIS 10.5 ва Google Earth ба роҳ монда шудааст. Тавассути зондиронии фосолавӣ, аксҳои моҳворагӣ бо истифода аз шабакаи

умумичаҳонии интернет дар солҳои 1977, 2000, 2011 ва 2018-ро, ки аз санаи 10 август то 21 сентябр аксбардорӣ шудаанд. Дар ин давра раванди ғизогири ба охир расида, боришоти саҳти атмосферӣ ба қайд гирифта намешавад ва барфҳои рӯи пирахҳо об шуда, майдони пирахҳо дақиқ аксбардорӣ мешаванд.

Дар раванди омӯзиш аксҳои солҳои 1977, 2001 ва 2011-ро аз бойгонии моҳвораи (спутник) Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, Landsat-8, OLI ва аксҳои соли 2018-ро аз моҳвораи Sentinel 2a MSI истифода намуда, тағйирёбии марзи майдони пирахҳои мазкур натиҷагирӣ карда шуданд. Ин аксҳо дар барномаи ArcGIS 10.5 ва Google Earth бо мақсади муайян намудани ҳолати тағйирёбии пирахҳои ҳавзаи мазкур коркард шуда, тағйироти масоҳати пирахҳо ва хусусиятҳои коҳишёбии онҳо муайян карда шуданд.

Ҷадвали 1

Рӯйхати канали моҳвораҳо.

Landsat – 5 TM (1977c)		Landsat – 7 ETM+ (2000c)	
Рақами канал	Дарозии мавҷҳо	Рақами канал	Дарозии мавҷҳо
3 (Red)	0.63 – 0.69	3 (Red)	0.63 – 0.69
4 (NIR)	0.76 – 0.90	4 (NIR)	0.76 – 0.90
5 (SWIR)	1.55 – 1.75	5 (SWIR)	1.55 – 1.75
Landsat – 8 OLI (2011c.)		Sentinel 2a MSI (2018c.)	
3 (Red)	0.63 – 0.68	3 (Red)	0.645 – 0.683
4 (NIR)	0.845 – 0.885	4 (NIR)	0.763 – 0.908
5 (SWIR)	1.56 – 1.66	5 (SWIR)	1.542 – 1.685

Натиҷа

Дар натиҷаи омӯзиш намуди морфологӣ, хусусият ва мавқеи ҷойгиршавии ин пирахҳо низ муайян карда шуд. Соли 1977 масоҳати умумии пирахҳои ҳавза 20,4км²-ро ташкил медод ва дар охири давраи интиҳобшуда, яъне соли 2018 ин нишондод ба масоҳати 23,25км² муайян карда шуд. Дар охири давраи интиҳобшуда, яъне дар соли 2018 масоҳати умумии пирахҳои мазкур дар ҳаҷми 2,85км² зиёд шудаанд.

Мутобиқи мушоҳидаҳои олимон пирахҳое, ки минтақаи ғизогириашон аз 3800м то 4000м (ҳарорат дар ин баландӣ -13,8°, -12,5°C)

- ро ташкил медиҳанд, дорои шароити мусоиди яхбандӣ мебошад [5]. Вобаста ба ин бояд қайд кард, ки пирахҳои №315, №318 ва №319 пирахҳои набзии серҳаракат буда, масоҳати забонашон дар давраҳои гуногун бо зиёд шудани майдони ғизогириашон ба пеш ҳаракат намудаанд. Бояд зикр кард, ки эҳтимол ҳодисаҳои тектоникӣ, аз он ҷумла заминларзаҳои 3-4 баллии пайваста сабаби серҳаракатӣ ва пешравии ин пирахҳо гардида бошанд.

Тибқи нишондоди барномаи ArcGIS ва аксҳои кайҳонӣ масоҳати умумии ин пирахҳо дар аввали давраи интиҳобшуда коҳишёбиро оғоз кардаанд, вале аз рӯи нишондодҳои соли 2011 масоҳати умумии ин пирахҳо дар масофаи 3000м зиёд шудаанд. Маҳз ин нишондод сабаб гаштааст, ки масоҳати пирахҳои ин ҳавза дар маҷмӯъ соли 2018 нисбати соли 1977 зиёд шудааст.



Расми 2. Пирахҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ

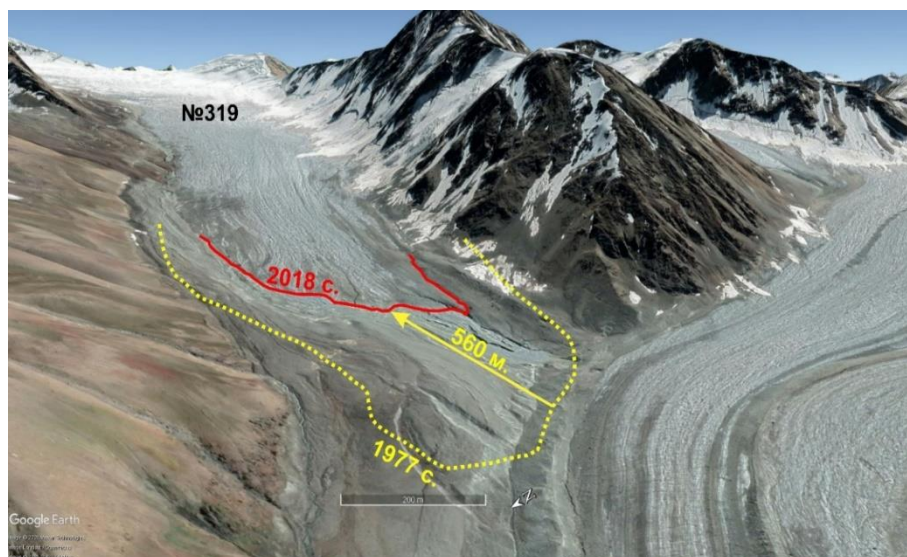
Нишондоди масоҳати пирахҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ дар давраи солҳои 1977, 2000, 2011 ва 2018 [6].

№	Рақами дар фехрист	Намуди морфологӣ	Мавқеи хобиши пирахҳо дар ҳавза	Масоҳати пирахҳо, км ²			
				Соли 1977	Соли 2000	Соли 2011	Соли 2018
1	314	Каравӣ	Қисми ҷанубӣ	0,24	0,26	0,30	0,23
2	315	Водигии мураккаб	Қисми шимолӣ	5,3	6,61	6,25	6,31
3	316	Водигӣ	Қисми ғарбӣ	0,43	0,54	0,61	0,65
4	317	Водигӣ	Шимолу шарқӣ	0,40	0,24	0,25	0,20
5	318	Водигии мураккаб	Қисми шарқӣ	5,81	5,16	5,80	5,80
6	319	Водигӣ	Ҷанубу ғарбӣ	6,7	7,14	6,85	6,90
7	320	Каравӣ	Шимолу шарқӣ	0,43	0,53	0,48	0,50
8	321	Водигии ассиметрӣ	Шимолу шарқӣ	0,54	0,70	0,67	0,54
9	322	Водигӣ ассиметрӣ	Шимолу шарқӣ	0,56	0,95	1,04	1,05
10	323	Моил	Шимолу шарқӣ	0,30	0,33	0,44	0,34
11	324	Каравии кашола	Шимолу шарқӣ	0,21	0,33	0,32	0,34
12	325	Водигӣ	Шимол/шарқӣ	0,47	0,37	0,44	0,39
	Дар маҷмӯъ			20,4	23,16	23,45	23,25

Муҳокима

Аз рӯйи ҷадвали 2 маълум гардид, ки масоҳати умумии пирахҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ солҳои 1977- 20,4км², соли 2000 – 23,16км², соли 2011 – 23,45 км² ва соли 2018 – 23,25 км² гардидааст. Пирахҳои ҳавзаи мазкур набзӣ буда, натиҷаи омӯзиш нишон медиҳад, ки онҳо аз соли 1977 то соли 2011 дар ҳолати зиёдшавӣ қарор доштаанд. Масоҳати яхбандӣ соли 2000 нисбати соли 1977 - 2,76 км² зиёд шудааст. Инҳо аз ҳолати тағйирёбии пирахҳои нисбатан калонтари ҳавзаи дарёи Ситаргӣ маълумот медиҳем.

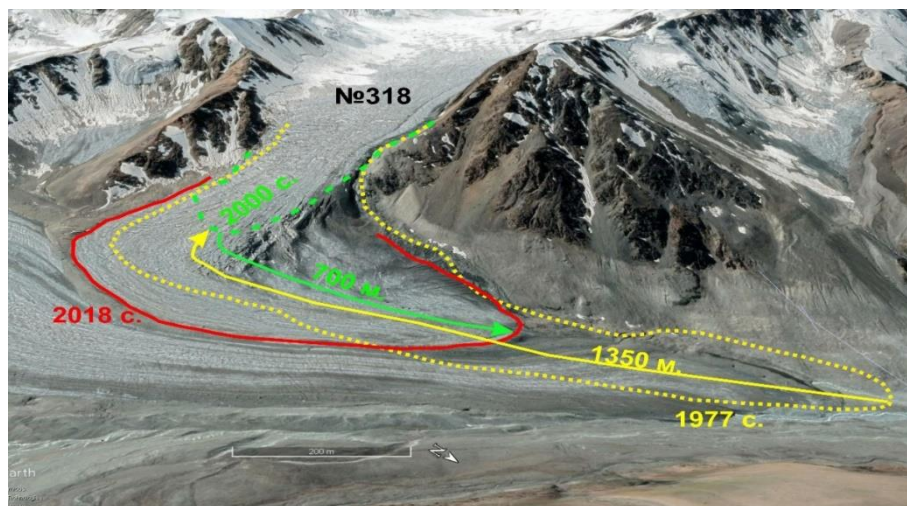
Пирахҳои №319 дар қисмати рости ҳавзаи дарёи Ситаргӣ ҷойгир буда, пирахҳои водигӣ ва мавқеи ҷойгиршавии пирахҳои ҷанубу ғарбӣ мебошад. Масоҳати пирахҳои солҳои 1977 – 6,7 км², соли 2000 – 7,14 км², соли 2011- 6,85 км² ва соли 2018 - 6,90 км² мебошанд;



Расми 3. Коҳишёбии забонаи пиряхи № 319 солҳои 1977 то 2018

Пиряхи № 318 дар қисмати чапи ҳавзаи дарёи Ситаргӣ ҷойгир буда, пиряхи водигии мураккаб ва қисми шарқӣ ҷойгир мебошад.

Соли 2018 забонаи пиряхи № 318 нисбати соли 1977 забонаи пиряхи мазкур 560 м коҳиш ёфтааст. Масоҳати пирях дар солҳои 1977 - 5,3 км², 2000 – 5,16 км², 2011 - 5,80 км² ва соли 2018 - 5,80 км² мебошад.



Расми 4. Коҳишёбии забонаи пиряхи № 318 аз соли 1977 то солҳои 2000 ва соли 2018

Пиряхи №315 водигии мураккаб буда, дар қисмати марказии ҳавзаи дарёи Ситаргӣ воқеъ гардидааст ва дар қисмати шимолии ҳавза ҷойгир мебошад. Тибқи маълумоти “Феҳристи пиряхҳои СССР” пиряхҳои ҳавзаи мазкур минтақаи ғизогирии васеъ дошта, хусусияти набзонӣ доранд. Аз ин лиҳоз, қисми пеши забонаи ин пиряхҳо зуд-зуд ба пеш ҳаракат мекунанд.

Соли 2000 забонаи пирахӣ №318 нисбати соли 1977 1350м коҳиш ёфтааст ва соли 2018 нисбати забонаи пирахӣ соли 2000 700м пеш рафтааст. Масоҳати пирах дар солҳои 1977 –5,81 км², 2000 - 6,61, 2011 – 6,25, 2018 - 6,31 мебошад (расмҳои 3 ва 4).

Хулоса

Омӯзиши пирахҳои ҳавзаи дарёи Ситаргӣ нишон дод, ки пирахҳо хусусияти набзони дошта, аз солҳои 1977 то соли 2018 тағйирёбиашон гуногун буда, намудашон водигӣ, водигии муракаб, асимметрӣ ва каровӣ мебошанд.

Забонаи пирахҳои №319, 318 ва 315 серҳаракати бисёрқабата буда, аз соли 1977 то соли 2018 тағйирёбии гуногунро нишон додаанд, ки соли 2000 забонаи пирахӣ №315 нисбати соли 1977 дар ҳаҷми 1350м коҳиш ёфтааст ва соли 2018 забонаи пирах нисбати соли 2000 дар ҳаҷми 700 м пеш рафтааст. Масоҳати умумии пирахҳо аз соли 1977 то соли 2011 дар ҳолати зиёдшавӣ қарор доштаанд, вале то соли 2018 масоҳати умумии пирахҳои мазкур дар ҳаҷми 0,2км² нисбати соли 2011 коҳиш ёфтаанд.

Адабиёт

1. Варнакова Г.М. Рототаева О.В. Сравнительная характеристика оледенения контрастных в ороклиматическом отношении горных районов Таджикистана. -Л. 1987. -89 с.
2. Каюмов. А.К. «Оценка состояния оледенение верховья реки Сурхоб на примере бассейна реки Камаров в условиях изменения климата». Известия Национальной академии наук Таджикистан. Душанбе. №1(182). 2021г. –С. 142.
3. Каталог ледников СССР. -Том 14. Средняя Азия. -Выпуск 3. Амударья. -Част 6. Бассейн реки Сурхоб между устьями рек Обихингоу и Муксу.-Л.Гидрометеиздат, 1971. -С.35-39.
4. Қаюмов А. ва Новиков В. Ахбороти сеюми миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба Конвенсияи меъёрии СММ доир ба тағйирёбии иқлим. -Душанбе, 2014. -165 с.

5. Муҳаббатов Х.М., Аброров Ҳ.А. Табиат ва сарватҳои табиии минтақаи Рашт. Душанбе. 2021. с.141.
6. Сомонаи барномаи Google Earth (дар санаи 01.11.2021 натиҷагирӣ карда шуд).
7. Ҳусейнов А., Кобулиев З.В. Пиряхҳои Тоҷикистон. Душанбе, 2017с. саҳ.36.

А.К.КАЮМОВ., С.Т.ГОЗИЕВ., У.Р.УБАЙДУЛЛОЕВ.,
Х.К.КАБУТОВ., Х.Д.НАВРУЗШОЕВ

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕДНИКОВ БАСЕЙНА РЕКИ СИТАРГИ В ХОДЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана»

Цель – является оценка состояние ледников притока реки Сытарги бассейна реки Оби-Хингоб в ходе изменения климата. Проведена оценка состояния ледников притока реки Ситарги за период 1977-2018 с помощью спутниковых снимков Landsat – 2, 7 и Sentinel – 2A которые обрабатывались в программах ArcGIS и Google Earth.

Выявлено, что многие ледники в бассейне реки Ситарги пульсирующие за период исследования наблюдались пульсации, которые приводят к изменениям площади ледников данного бассейна.

Ключевые слова: ледник, бассейн реки Ситарги, редукция, питание, космическая фотография, река Обихингоу.

A.K.KAYUMOV, S.T.GOZIEV, W.R. UBAYDULLOYEV,
H.K.KABUTOV, H.D.NAVRUZSHOEV

CURRENT STATE OF GLACIERS IN THE SITARGI RIVER BASIN DURING CLIMATE CHANGE

Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan"

Scientific research and conclusions in the glaciers of the Sitargi river basin in the process of global climate change are aimed at identifying cases of changes in the area of glaciers of the Sitargi tributary of the Obikhingob river basin. The process of generalizing changes in the boundaries of the basin's glaciers in the period from 1977 to 2018 were carried out using images of the Landsat 1-7 and Sentinel 2A satellites and were processed in the ArcGIS and Google Earth programs.

It was revealed that many glaciers in the Sitargi river basin are pulsatile and during the study period pulsations were observed, which lead to changes in the area of glaciers in this basin.

Key words: glacier, Sitarga river basin, reduction, nutrition, space photography, Obikhingob river.

УДК 551.324.63

А.Қ.ҚАЮМОВ, Р. РАСУЛЗОДА, Х.К.КАБУТОВ

ОМУҶИШИ ҲОЛАТИ ПИРЯХҲОИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ДАРАЙ-ДАРШАЙ

Муассисаи давлатии илмӣ “Маркази омуҷиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”

Мақсади ин тадқиқот муайян кардани хусусият ва суръати тағйирёбии масоҳати пиряхҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай мебошад. Тарзи муайян намудани сарҳади пиряхҳо барои солҳои 1977-2020 тавассути тасвирҳои моҳворагӣ аз USGS бо навъҳои Ландсат-1-7 ва Sentinel 2A, Google Earth Pro ва ArcMap 10.5 коркард гардидааст. Дар ин солҳо таназзули пиряхҳои ҳавза идома ёфта, масоҳати онҳо 9,133 км² (19,92%) кам шудааст ва суръати миёнаи камшавии масоҳати пиряхҳо мухталиф мебошад.

Калидвожаҳо: дарёи Дарай-Даршай, коҳишёбии пирях, аксҳои фосилавӣ, забонаи пирях, мониторинги пиряхҳо, тасвирҳои моҳворагӣ, таназзул.

Сарсухан

Дар замони муосир масъалаи тағйирёбии иқлим мушкилоти ҷомеаи ҷаҳониро ба ташвиш овардааст сабаби асосии тағйирёбии иқлим ин партовҳои гулхонагӣ ба атмосфера боиси баландшавии ҳарорат дар қурраи замин гардидааст, ки таъсири худро ба олами ҳайвонот наботот пиряхҳо расонидааст, аз ҷумла он таъсири худро ба пиряхҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон расонида истодааст, ки ин ба оқибатҳои фалокатовар, аз ҷумла коҳишёбии пиряхҳо ва камшавии оби нӯшокӣ дар минтақа оварда мерасонад.

Дар ҳама ғӯшаю канори ҷаҳон тадбирҳои мушаххаси пешгирикунанда ва инчунин чораҳои зарурӣ андешида шуда истодааст, чунки

оқибати гармшавии иқлим ба обшавии пирияхҳо оварда мерасонад, ки ин боиси ба вучуд омадани фалокатҳои вазнини табиӣ мегардад.

Бист сол пеш, партовҳои тавлидшуда нисбат ба партовҳои маишӣ камтар буд, ки як қисми сохтори умумии партовҳоро ташкил медод. Аммо аз сабаби тағйир ёфтани профили умумии партовҳо ҳиссаи онҳо хеле афзуд [2].

Қуллаҳои баландтарини қаторкӯҳҳои Ишкошим дар ҳавзаи болооби дарёҳои Дарай-Даршай ва Дарай-Романит ҷой гирифтаанд. Барои омӯзиш ва тадқиқот бурдан бо истифода аз методҳои нав, мо аз минтақаи Дарай-Даршай омӯзишро оғоз намуда, мониторинги пирияхҳои ҳавзаи дар боло зикршударо анҷом додем. Мавриди зикр аст, ба ҷуз “Феҳристи пирияхҳои СССР” [1] дигар ягон манбаи боэътимод пайдо нашуд. Бинобар ҳамин тадқиқот тибқи маълумоти феҳристи мазкур иҷро гардид.

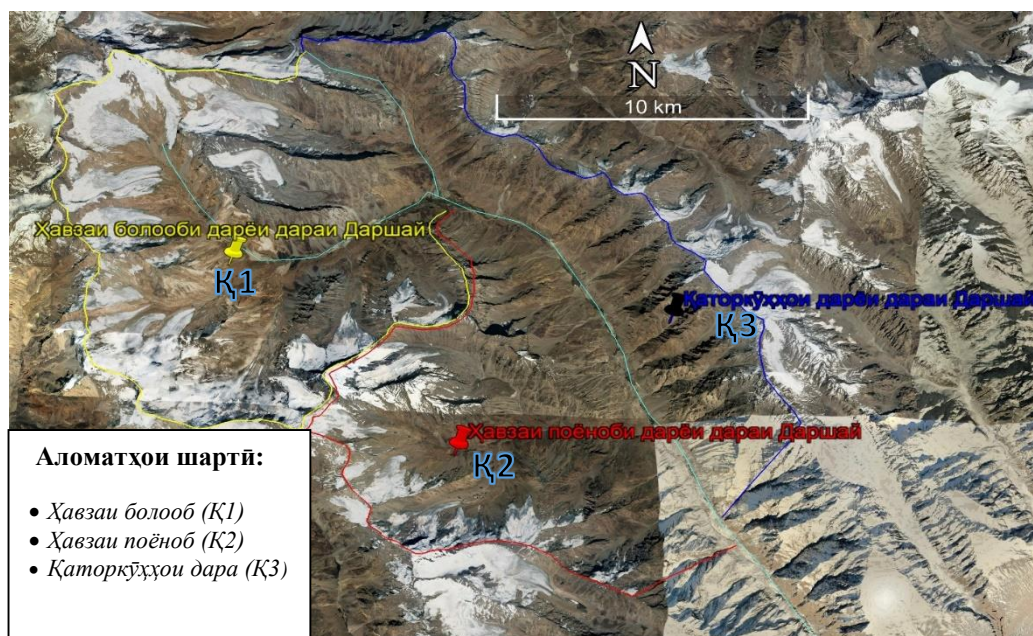
Ҳадафи ин тадқиқот муайян намудани таъсири тағйирёбии иқлим ба пирияхҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай бо воситаҳои зондиронии фосилавӣ аз солҳои 1977 то 2020.

Минтақаи омӯзиш

Дарай-Даршай дар қисми ҷанубу шарқии Ҷумҳурии Тоҷикистон қарор дошта, он аз ноҳияи Ишкошими ВМКБ зиёда аз 20 км ба самти шимоли шарқӣ ҷойгир аст. Минтақаи мазкур дар баландии то 6086 м. аз сатҳи баҳр ҷойгир шудааст. Дарозии Дарай-Даршай аз дарёи Панҷ то ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай зиёда аз 30 км-ро ташкил медиҳад.

Дар ҷараёни тадқиқот Дарай-Даршайро ба 3 қисм ҷудо намудем. Аз он ҳавзаи дарёи болооб (Қ1), поёноб (Қ2) ва қаторкӯҳҳо (Қ3). Ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршайро барои омӯзиш ва тадқиқот интихоб намудем.

Масоҳати умумии ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай 134,79 км² мебошад:



Расми 1. Минтақаи Дарай-Даршай.

Усулҳои тадқиқот

Аз “Феҳристи пирияхҳои СССР” ҳавзаи пирияхҳоро интихоб намуда, дар барномаи “Google Планета Земля” ҷустуҷӯи ҳар як пирияхро мутобиқи рақамҳои махсуси феҳристи номбурда тадқиқот гузарондем. Сипас, баъд аз пайдо намудани минтақа бо воситаи зондиронии фосолавӣ дар компютер, ба рақамгузории пирияхҳо аз рӯи нақшаи харитавии “Феҳристи пирияхҳои СССР” оғоз намудем.

Барои коркарди аксҳои моҳворагӣ, мо аз барномаи компютери ArcMap 10.5 истифода бурдем. Сараввал аксҳои моҳворагиро аз сомонаи earthexplorer.usgs.gov, ки портали Хадамоти геологӣ Иёлоти Муттаҳида мебошад, борбардорӣ карда, ба барномаи ArcMap ҷой кардем. Дар барномаи мазкур ҷузвдони (папкаи) харитаҳои ҷуғрофиро бо андозаи (формати) GRID Stack 7.x мебошад, ки солҳои 1977, 1990, 2000, 2011, 2015 ва 2020 ташкил додем. Барои чен кардан ё тасвир намудани пирияхҳо “Shapefile”-хоро аз рӯи солҳои дар боло зикршуда тартиб додем. Тавре, ки дар боло қайд гардид, ҳар як пирияхро аввал дарёфт намуда, сипас масоҳати онҳоро ба таври сол ба сол тасвир намудем.

Пас аз мушаххас намудани ҳолати ҳар яке аз пиряхҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай, масоҳати ҳавза ва пиряхҳои ҳавзаро ҳисоб карда, дар барномаи MS Excel сабт ва ба тарзи диаграммавӣ ҷойгир намудем.

Аз соли 1977 то соли 2020 тавассути моҳвораи Landsat 5 TM, Landsat-7 ETM+ ва Landsat-8 OLI аксбардоришуда борбардорӣ карда ва аксҳои гирифташуда дар барномаи компютери ArcMap коркард шуда буд.

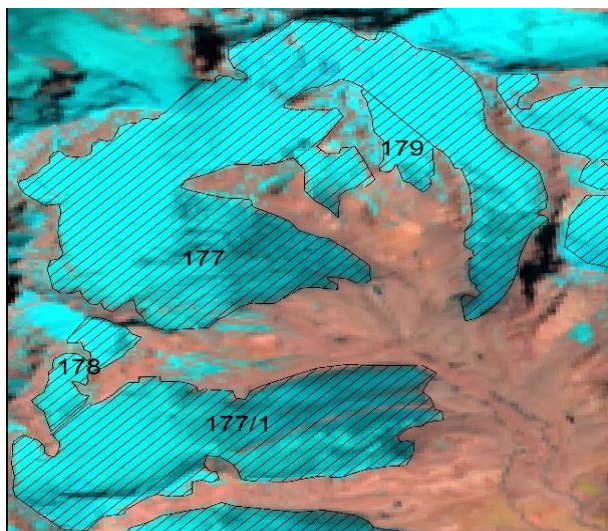
Пиряхҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай дар барномаи компютерӣ бо тарзи полигонӣ (ченкунӣ) ҳар як солашро ҳисоб карда, инчунин бо усули “Calculate geometry (ҳисоб кардан ба тарзи геометрӣ)” сол ба сол муқоиса намудем.

Натиҷа

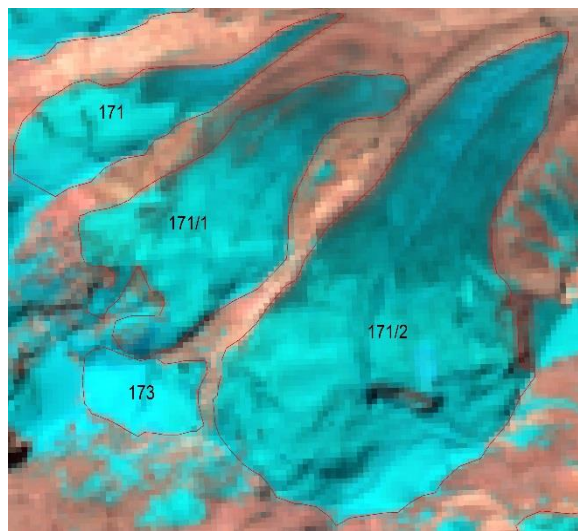
Ҳавзаи дарёи болооби Дарай-Даршай аз 22 пиряхҳои хурду бузурге иборат аст, ки ҳар кадоми он дар алоҳидагӣ омӯхта шуданд.

Омӯзиши пиряхҳои ҳавзаи дарёи Дарай-Даршай тариқи технологияҳои системаи геоиттилоотӣ нишон дод, ки забонаи пиряхҳо аз соли 1977 то 2020 гуногун коҳиш ёфта, дар баъзе аз пиряхҳои мазкур ба вучуд омадани кӯлҳои нав ва баръакс гум шудани оби онҳо ба назар мерасад.

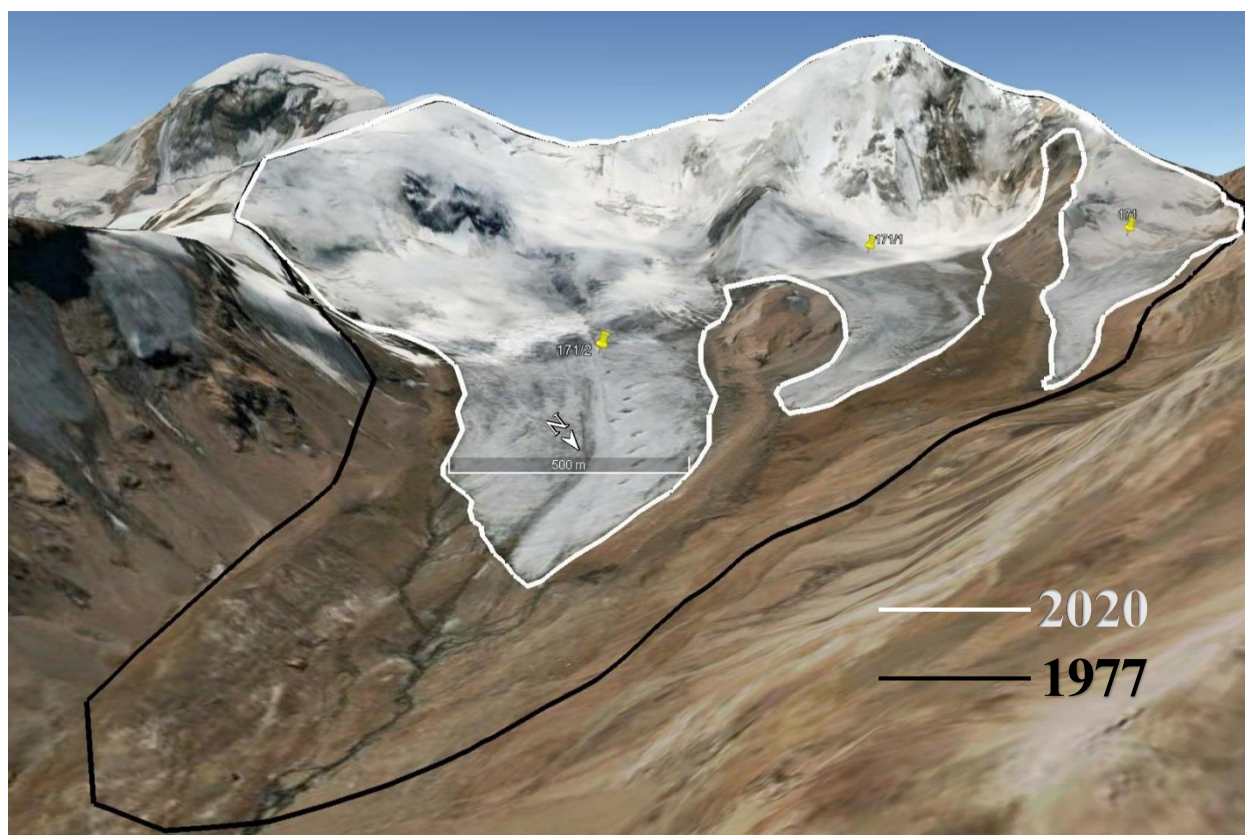
Таҳқиқот нишон дод, ки аз сабаби обшавии пиряхҳо, 2 пиряхи калон дар давоми даҳсолаҳо ба қисмҳо тақсим шудаанд, ки аз он пиряхи №177 ба 177, 177/1 ва пиряхи №171 ба 171, 171/1, 171/2 номгузорӣ намудем.



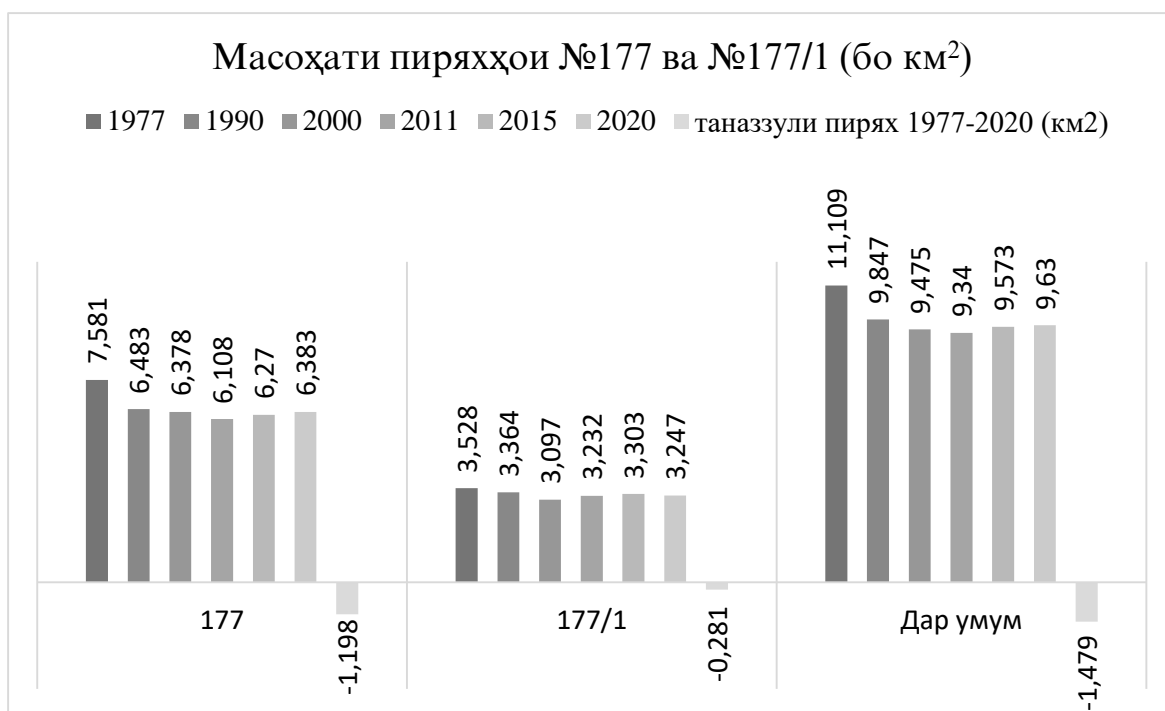
Расми 2. Акси пирахҳои № 177 ва 177/1 – и ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай



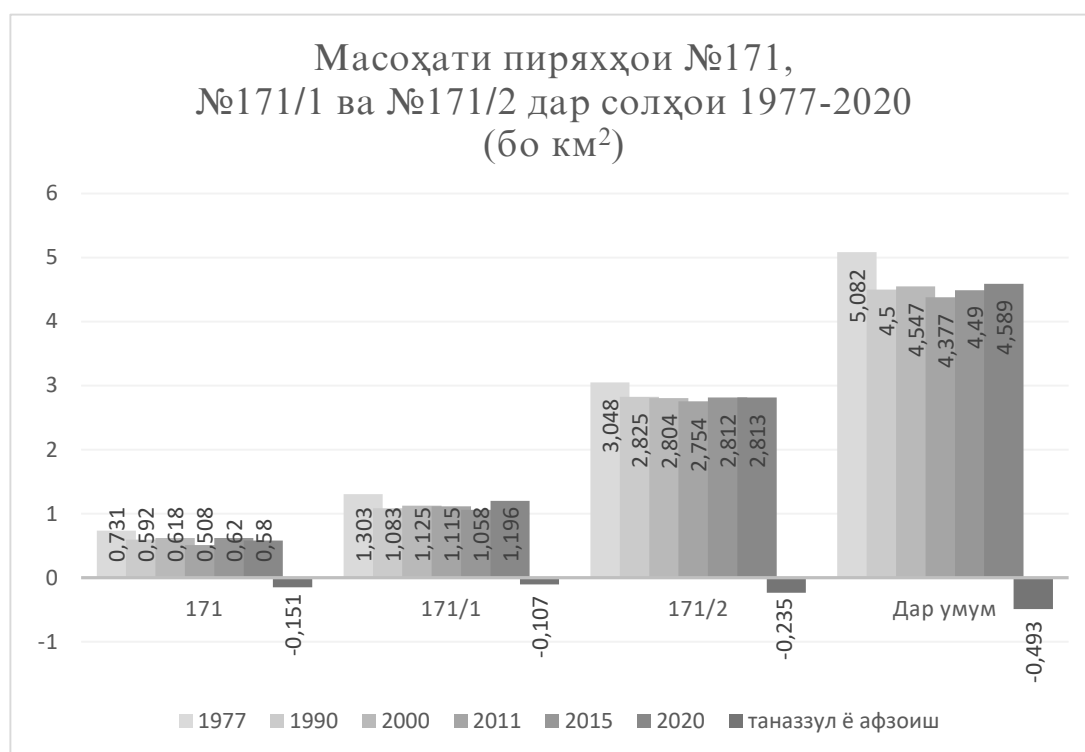
Расми 3. Акси пирахҳои № 171, 171/1 ва 171/2 – и ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай



Расми 4. Пирахҳои №171, №171/1 ва №171/2 - и ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай

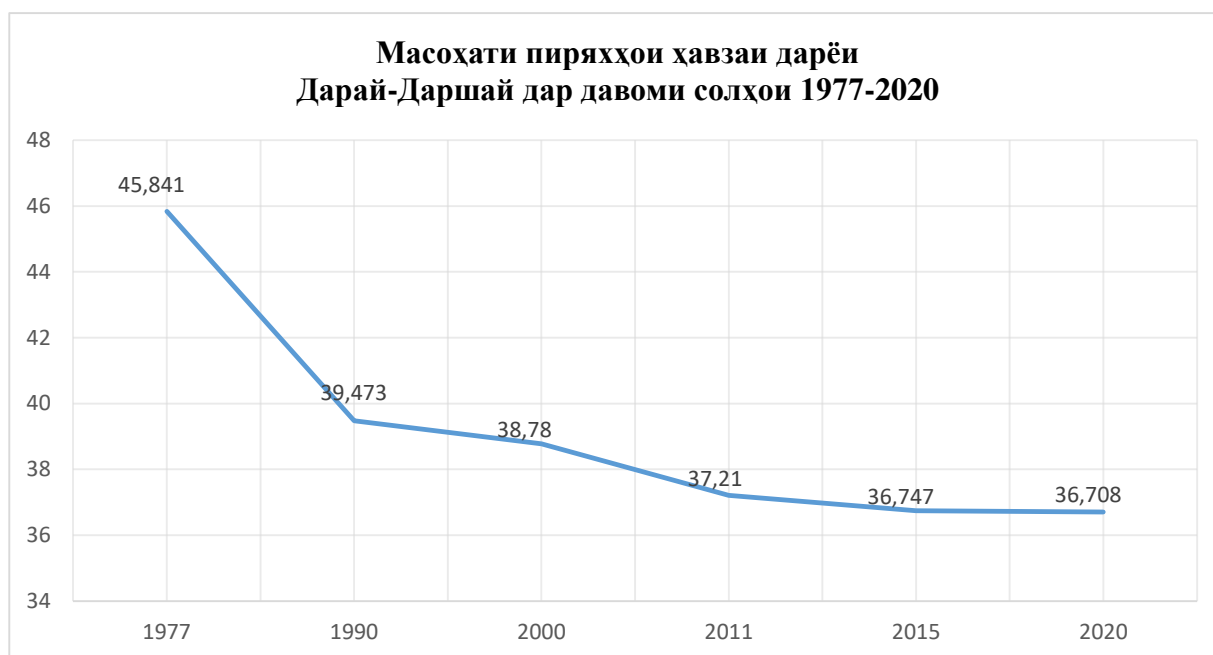


Расми 5. Масоҳати пирахҳои №177 ва №177/1 бо км²

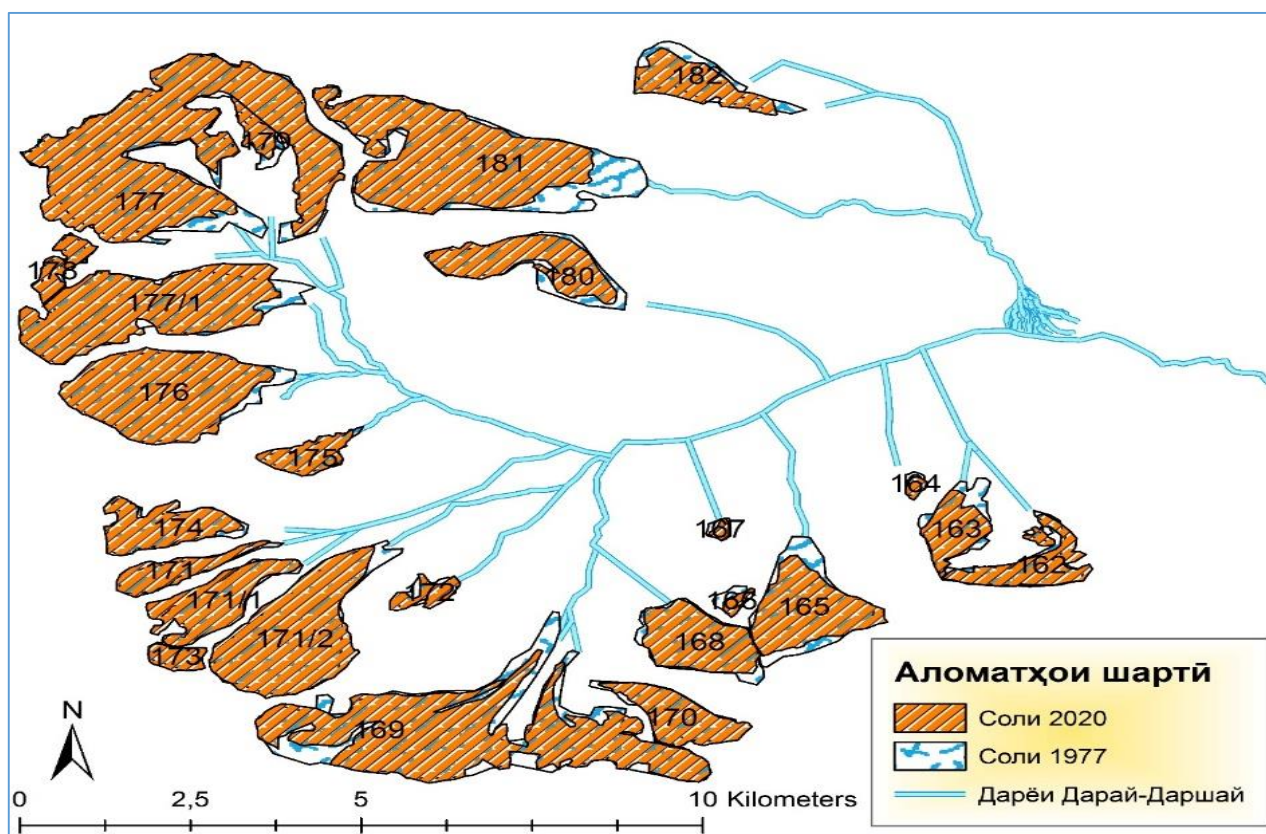


Расми 6. Масоҳати пирахҳои №171, №171/1 ва №171/2 бо км²

Дар солҳои 1977 то 2020 коҳишёбии пирахҳои ҳавза идома ёфта, масоҳати онҳо 9,133 км² (19,92%) кам шудааст ва суръати миёнаи камшавии масоҳати пирахҳо гуногун мебошад (расми 9 ва ҷадвали 1).



Расми 7. Таназзули пирахҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай



Расми 8. Раванди тағйирёбии пирахҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай мутобиқи солҳо

Чадвали 1

Нишондодҳои пиряхҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай дар
давраи солҳои 1977 – 2020

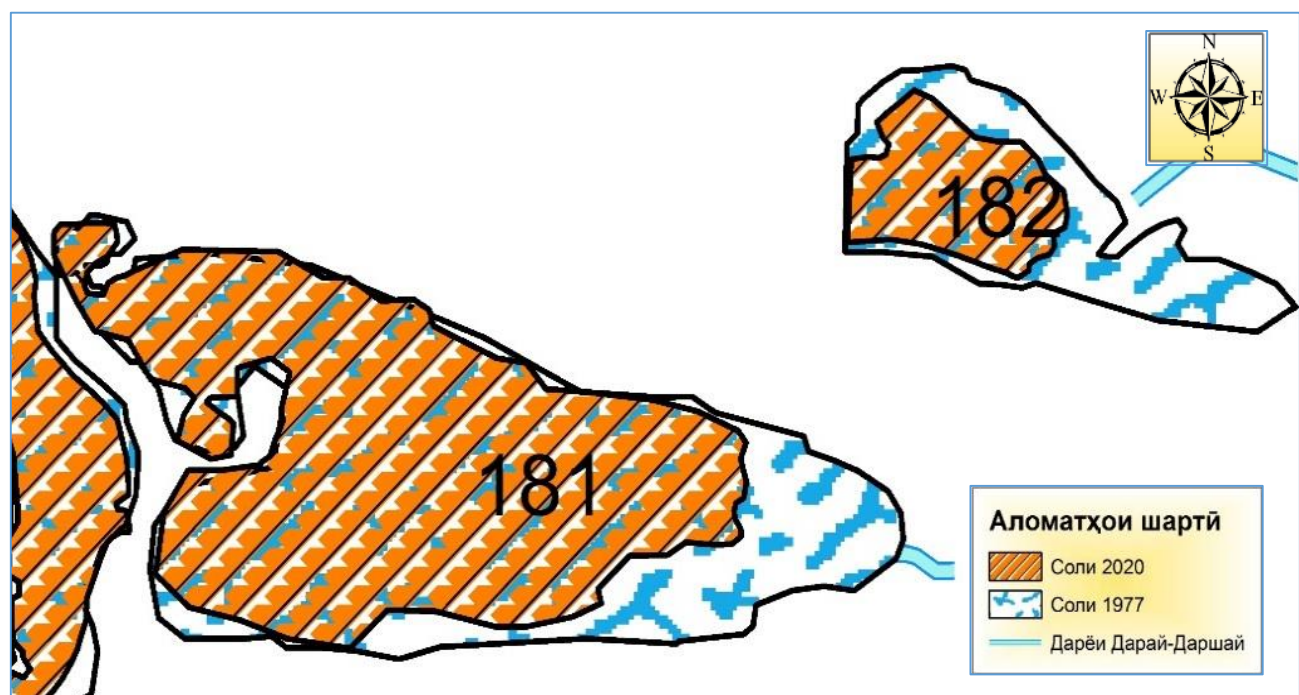
Р/Т	Рақами пирях	Нави морфологӣ	Мавқеи умумии пирях	1977 (км²)	1990 (км²)	2000 (км²)	2011 (км²)	2015 (км²)	2020 (км²)	Минтақаи таназзул (км²)	Минтақаи таназзул (%)
1	162	Водигӣ	(Шимолу шарқ), шимол	1,103	0,968	0,932	0,721	0,812	0,857	-0,246	-22%
2	163	Кар.-дол.	Шимол	1,021	0,757	0,764	0,7	0,741	0,65	-0,371	-36%
3	164	Кӯл.	Шимол	0,102	0,091	0,097	0,085	0,058	0,071	-0,031	-30%
4	165	Мураккаб водигӣ	Шимол	2,083	1,928	1,588	1,444	1,333	1,566	-0,517	-25%
5	166	Кар.	Шимолу шарқӣ	0,177	0,075	0,109	0,084	0,013	0,083	-0,094	-53%
6	167	Кашола	Шимол	0,085	0,075	0,072	0,054	0,063	0,058	-0,027	-32%
7	168	Вис. Дол	Шимолу ғарбӣ	1,548	1,405	1,268	1,246	1,234	1,286	-0,262	-17%
8	169	Мураккаб водигӣ	Шимол	6,522	6,098	5,595	5,498	5,299	5,125	-1,397	-21%
9	170	Кашола	Шимолу шарқӣ, (шимол)	1,034	1,037	1,057	1,012	0,979	0,94	-0,094	-9%
10	171	Кашола	Шимолу шарқӣ	0,731	0,592	0,618	0,508	0,62	0,58	-0,151	-21%
11	171/1	Кашола	Шимолу шарқӣ	1,303	1,083	1,125	1,115	1,058	1,196	-0,107	-8%
12	171/2	Кашола	Шимолу шарқӣ	3,048	2,825	2,804	2,754	2,812	2,813	-0,235	-8%
13	172	Кар.-вис	Шимол	0,238	0,283	0,309	0,272	0,205	0,25	0,012	5%
14	173	Кар.-дол	Шимолу шарқӣ	0,276	0,245	0,244	0,205	0,251	0,262	-0,014	-5%
15	174	Водигӣ	Чанубу шарқӣ	1,272	0,997	1,084	1,055	1,077	1,01	-0,262	-21%
16	175	Мураккаб водигӣ	Шимолу шарқӣ	0,546	0,438	0,437	0,42	0,462	0,496	-0,05	-9%
17	176	Кар.-вис	Шарқ	3,942	3,059	3,288	3,188	3,019	2,971	-0,971	-25%
18	177	Мураккаб водигӣ	Чанубу Шарқӣ	7,581	6,483	6,378	6,108	6,27	6,383	-1,198	-16%
19	177/1	Мураккаб водигӣ	Чанубу шарқӣ	3,528	3,364	3,097	3,232	3,303	3,247	-0,281	-8%
20	178	Водигӣ	Чанубу шарқӣ	0,533	0,337	0,33	0,308	0,364	0,371	-0,162	-30%
21	179	Кар. Вис.	Чануб	0,344	0,27	0,259	0,201	0,239	0,264	-0,08	-23%
22	180	Водигӣ	(Шарқ), чанубу шарқӣ	1,846	1,518	1,551	1,423	1,435	1,357	-0,489	-26%
23	181	Водигӣ	Шарқ	5,475	4,719	4,823	4,592	4,45	4,2	-1,275	-23%
24	182	Нишебӣ	Шимолу шарқӣ	1,503	0,826	0,951	0,985	0,65	0,672	-0,831	-55%
Ҷамъ:				45,841	39,473	38,78	37,21	36,747	36,708	-9,133	-20%

Чадвали 2

Нишондодҳои муқоисавии пиряхҳои ҳавзаи болооби дарёи Дарай-
Даршай дар давраи солҳои 1977 – 2020 (бо %)

Р/Т	Рақами пирях	Нави морфологӣ	Мавқеи умумии пирях	1977	1990	2000	2011	2015	2020	Минтақаи таназзул (км²)	Минтақаи таназзул (%)
1	162	Водигӣ	(Шимолу шарқ), шимол	1,103	0,968	0,932	0,721	0,812	0,857	-0,246	-22%
2	163	Кар.-дол.	Шимол	1,021	0,757	0,764	0,7	0,741	0,65	-0,371	-36%
3	164	Кӯл.	Шимол	0,102	0,091	0,097	0,085	0,058	0,071	-0,031	-30%

4	165	Мураккаб водигй	Шимол	2,083	1,928	1,588	1,444	1,333	1,566	-0,517	-25%
5	166	Кар.	Шимолу шарқй	0,177	0,075	0,109	0,084	0,013	0,083	-0,094	-53%
6	167	Кашола	Шимол	0,085	0,075	0,072	0,054	0,063	0,058	-0,027	-32%
7	168	Вис. Дол	Шимолу ғарбй	1,548	1,405	1,268	1,246	1,234	1,286	-0,262	-17%
8	169	Мураккаб водигй	Шимол	6,522	6,098	5,595	5,498	5,299	5,125	-1,397	-21%
9	170	Кашола	Шимолу шарқй, (шимол)	1,034	1,037	1,057	1,012	0,979	0,94	-0,094	-9%
10	171	Кашола	Шимолу шарқй	0,731	0,592	0,618	0,508	0,62	0,58	-0,151	-21%
11	171/1	Кашола	Шимолу шарқй	1,303	1,083	1,125	1,115	1,058	1,196	-0,107	-8%
12	171/2	Кашола	Шимолу шарқй	3,048	2,825	2,804	2,754	2,812	2,813	-0,235	-8%
13	172	Кар.-вис	Шимол	0,238	0,283	0,309	0,272	0,205	0,25	0,012	5%
14	173	Кар.-дол	Шимолу шарқй	0,276	0,245	0,244	0,205	0,251	0,262	-0,014	-5%
15	174	Водигй	Чанубу шарқй	1,272	0,997	1,084	1,055	1,077	1,01	-0,262	-21%
16	175	Мураккаб водигй	Шимолу шарқй	0,546	0,438	0,437	0,42	0,462	0,496	-0,05	-9%
17	176	Кар.-вис	Шарқ	3,942	3,059	3,288	3,188	3,019	2,971	-0,971	-25%
18	177	Мураккаб водигй	Чанубу Шарқй	7,581	6,483	6,378	6,108	6,27	6,383	-1,198	-16%
19	177/1	Мураккаб водигй	Чанубу шарқй	3,528	3,364	3,097	3,232	3,303	3,247	-0,281	-8%
20	178	Водигй	Чанубу шарқй	0,533	0,337	0,33	0,308	0,364	0,371	-0,162	-30%
21	179	Кар. Вис.	Чануб	0,344	0,27	0,259	0,201	0,239	0,264	-0,08	-23%
22	180	Водигй	(Шарқ), чанубу шарқй	1,846	1,518	1,551	1,423	1,435	1,357	-0,489	-26%
23	181	Водигй	Шарқ	5,475	4,719	4,823	4,592	4,45	4,2	-1,275	-23%
24	182	Нишебй	Шимолу шарқй	1,503	0,826	0,951	0,985	0,65	0,672	-0,831	-55%
Чамъ:				45,841	39,473	38,78	37,21	36,747	36,708	-9,133	-20%



Расми 9. Тағйирёбии марзи пирахҳои №181 ва №182 дар давраи солҳои 1977-2020

Муҳокима

Аз 24 пиряхи таҳқиқотшуда, ҳамаи онҳо коҳиш ёфтаанд, ки ба -9,133 км² кам шудааст.

Соли 1977 масоҳати ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршай 45,841 километри квадратӣ буд, ки то ба соли 2020 ба 36,708 километри квадратӣ расид, ки таназзули он зиёда аз 19,92 % рост меояд.

Бояд қайд кард, ки соли 2010 аз сабаби барф ва рӯйпӯшкунии пиряхҳо ба мониторинги онҳо тариқи аксҳои моҳворагӣ ҳалалдор шуд, ки бо рӯй овардан ба аксҳои соли 2011 гирифта шуда, мо тавонистем ҳавзаи болооби дарёи Дарай-Даршайро коркард карда, маълумотро муқоиса кунем.

Хулоса

Тадқиқоти зондиронии фосолавӣ нишон доданд, ки пиряхҳои №171 ва №177 дар натиҷаи коҳишёбӣ ба қисмҳо тақсим шуда, коҳишёбиро дар алоҳидагӣ давом додаанд.

Мушоҳидаҳо нишон доданд, ки масоҳати пиряхҳои минтақаи омӯзиш қарор гирифта 9,133 км² кам шудаанд, ки -20%-ро аз масоҳати умумӣ ташкил мекунад.

Адабиёт

1. Каталог ледников СССР. -Том 14. Средняя Азия, -Выпуск 3, Амударья, -Часть 16 – Гидрометеиздат, -1980.
2. Каюмов А.К., Новиков В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменение климата. -Душанбе, 2014. – 166 с.
3. Қаюмов А., Убайдуллоев У.:Феҳристи истилоҳоти пиряхшиносӣ – Душанбе -2021. -24 с.
4. Справка – Google Планета Земля – <https://support.google.com/earth/?hl=ru#topic=7364880>
5. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С.: Дешифрование – Пермь 2020.

А.К.КАЮМОВ, Р.РАСУЛЗОДА, Х.К.КАБУТОВ

ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛЕДНИКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ДАРАЙ-ДАРШАЙ

*Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников
Национальной академии наук Таджикистана»*

Цель исследования является изучить характер и скорость изменения площади ледников в бассейне реки Дарай-Даршай в верховье реки Пяндж. Граница ледников изучали за период 1977-2020 годы изучение с использованием спутниковых снимков, полученных с помощью спутников Landsat-1-7 и Sentinel 2A, Google Earth Pro и ArcMap 10.5. За анализируемое период ледники сокращалась в 9 133 км² (19,92%), а средняя скорость уменьшения площади ледника составляет.

Ключевые слова: бассейн реки Верхний Даррай-Даршай, сокращение ледников, ледниковые озера, дистанционная фотография, язык ледников, мониторинг ледников, спутниковые снимки, деградация.

A.K.KAYUMOV, R.RASULZODA, KH.K.KABUTOV

RESEARCH OF THE STATE OF GLACIERS IN THE DARAY- DARSHAI RIVER BASIN

*State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy
of Sciences of the Tajikistan»*

The purpose of research is to determine the nature and rate of change of the area of glaciers in the upper reaches of the Darai-Darshay river. Determine the boundary of glaciers for 1977-2020 through satellite imagery from the USGS (Geological Survey of the United States) with Landsat-1-7 and Sentinel 2A, Google Earth Pro and ArcMap 10.5. During these years, the glaciers of the basin continued to decline, covering an area of 9,133 km² (19.92%) and the average rate of decline of glacier area varies.

Key words: upper Daray-Darshay river basin, glacier shrinkage, glacier lakes, distance photography, glacier language, glacier monitoring, satellite imagery, degradation.

УДК 551.324.63

А.К.КАЮМОВ, Д.КАМОЛОВА, А.ШОМАХМАДОВ, Х.К.КАБУТОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДНИКОВ ВЕРХОВЬЯ РЕКИ НАУКРУМ В БАССЕЙНЕ РЕКИ СУРХОБ

*Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников
Национальной академии наук Таджикистана»⁷*

Целью настоящей работы является оценка состояния ледников верховья реки Наукрум бассейна реки Сорбог. Новизна работы заключается в том, что последние сведения о ледниках исследуемого региона приводятся в “Каталоге ледников СССР” 1971 года. Выявлено, что: общие площади ледников исследуемого региона, за периоды 1994-2011 и 1994-2018 годы, сократились соответственно, на 3,0 % (0,72 км²) и 9,8 % (2,11 км²); наибольшее сокращение получили площади каровых и каро-долинных ледников (от 7,07 до 23,7 %) и площади ледников с северо-западной (4,86-13,1 %) и северо-восточной (4,12-14,09 %) ориентацией.

Ключевые слова: ледники, деградация ледников, оледенение, корреляция, экспозиция ледников, морфологические типы ледников.

Предисловие

Ситуация с ледниками по всему миру вызывает опасение у государств всей планеты. Ледяной покров Земли стремительно тает, и многие страны предпринимают различные шаги для сохранения баланса в экологии планеты.

На активизацию природных процессов на территории нашей страны оказывают непосредственное воздействие глобальные изменения климата. Согласно данным экспертов, на территории Республики Таджикистан наблюдается общее повышение температуры, участились засухи и проявление стихийных бедствий [4-6]. Сокращение площади ледников, из которых

Адрес для корреспонденции: Каюмов Абдулхамид Каюмович, Камолова Дилбар. 734025, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. Рудаки, 33, “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”. E-mail: abdkaumov@mail.ru; hikmatulloeva94@gmail.com

питаются основные реки, снабжающие нашу страну и весь Центрально-Азиатский регион, может поставить под угрозу всю энергетическую промышленность и сельское хозяйство в этих странах.

Отступление ледников, потеря ледниковой массы и связанное с этим снижение запасов воды в результате прогнозируемого повышения температур увеличит изменчивость стока рек и в значительной степени будет способствовать колебаниям доступности и качества воды. В связи с этим, Правительством страны вырабатываются неотложные меры по адаптации к климатическим изменениям. Решение климатических проблем требует совместных усилий государственных органов, НПО и граждан всего региона [5].

Данные о ледниках данного бассейна реки Сорбог приведены в работах прошлого века [12]

Целью настоящей работы является оценка состояния ледников верховья речки Наукрум бассейна реки Сорбог.

Район исследования

Были исследованы ледники бассейна р. Наукрум притока р. Сорбог (рис. 1.), втекающей в р. Сурхоб (ледники № 48-65). Территория бассейна р. Наукрум относится к западному участку правобережья реки Сурхоб и в основном к бассейну р. Сорбог. Река Сорбог берет начало из ледника, расположенного южнее перевала Фитурак, на высоте 3900 м. Верховья рек Наукрума и Даштихирсона получают воды от ледников, лежащих непрерывным рядом на северных склонах бассейна Гарифа [3, 7, 9]. Согласно [3], ледники исследуемой территории имеют нумерацию от № 48 до 65 (рис. 1).

Климатические условия

Метеостанции и гидропосты Гарм и Нурабад находятся на берегу р. Сурхоб и значительно удалены от территории расположения ледников. Многолетний ряд наблюдений имеет только станция Гарм (с 1930 г.), расположенная в западной части долины р. Сурхоб [5-8].

Согласно данным этих метеостанций, самым холодным месяцем в бассейне р. Сурхоб является январь, самым теплым — август. Годовая

амплитуда средних месячных температур воздуха в долине составляет около 29°C, а в ледниковой зоне она должна быть меньше. С февраля начинается постепенное повышение температуры воздуха. Переход средних суточных температур через 0°C на западе долины наблюдается в начале марта, а на востоке — в середине марта [3,7]. Атмосферные осадки имеют межгодовые изменчивости [1].

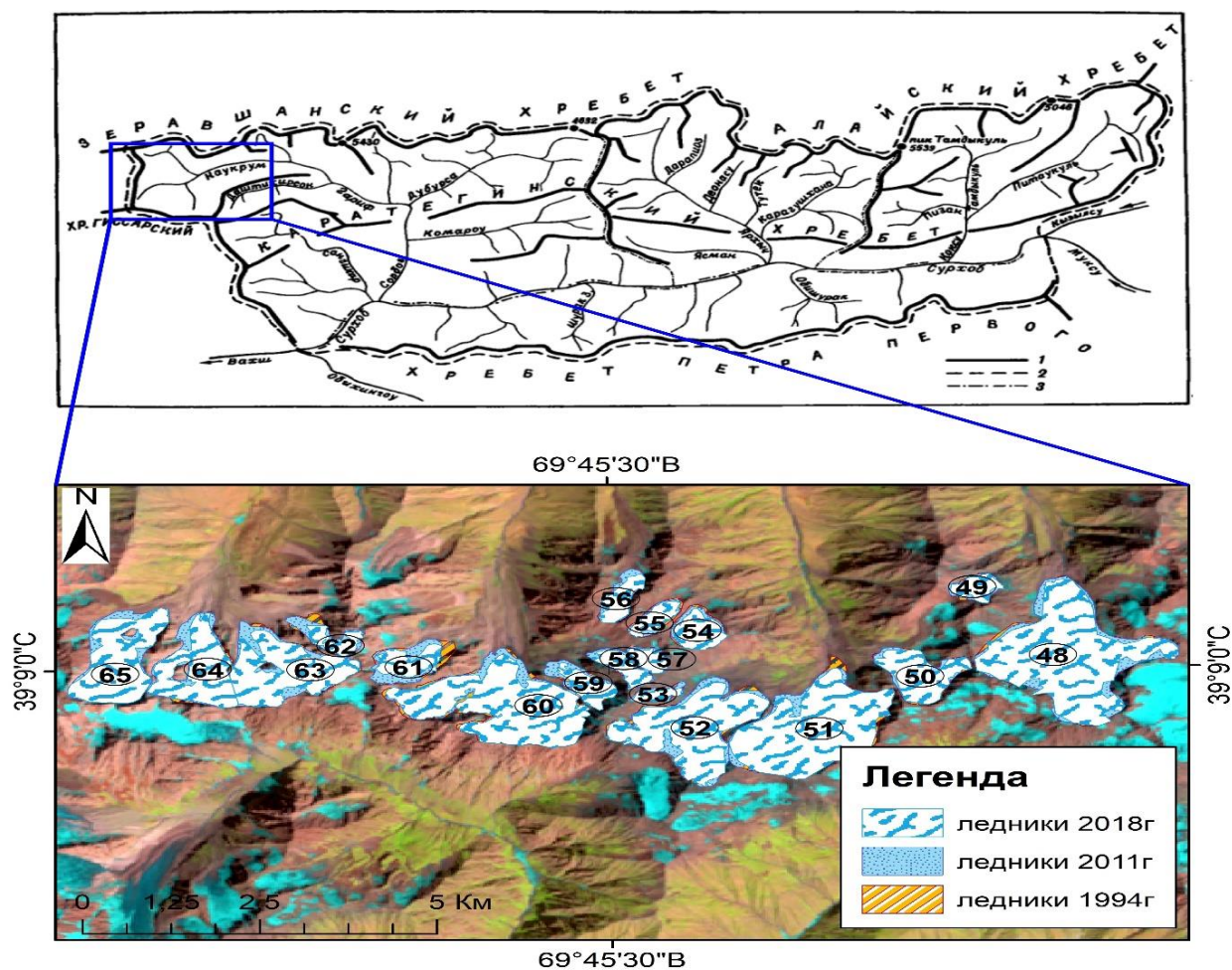


Рис.1. Карта территории исследования

Морфологические типы и экспозиция ледников

В долине реки Сурхоб самыми распространенными являются простые долинные ледники, занимающие около 37% площади всего оледенения. Крупные долинные ледники располагаются в верховьях долин, языки их окаймлены моренами, чаще всего они приурочены к северным склонам.

На исследуемой территории ледники 48, 51, 54 ориентированы на север, ледники 57, 58, 59, 62 и 63- на северо-запад, ледники 52, 53, 55, 56, 61 и 65- на севера восток, а ледник 49 ориентирован на восток.

Языки долинных ледников спускаются низко и имеют небольшие уклоны по сравнению с ледниками, расположенными на склонах.

Площадь моренного материала на ледниках разных типов распределяется очень неравномерно и составляет в среднем 12-14 км².

Методология

Изучение площадей ледников Наукрум основано на анализе данных космических снимков Landsat 1-5 с пространственным разрешением 30-60 м. Для повышения уровня достоверности полученных результатов были использованы спутниковые снимки Sentinel 2A, с пространственным разрешением 10 м и минимальной облачностью на всех снимках. Спутниковые снимки были получены с портала Геологической службы США (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>), в открытом доступе.

Контурные ледников обрабатывались вручную с привлечением контура ледников базы GLIMS. При этом, для определения точности дешифрирования границ, проведена повторная векторизация нескольких крупных ледников. Полученные снимки были импортированы в ArcGIS и использованы для расчёта площади открытых частей ледников и оценки положения их конечных участков.

Анализ изменения площади ледников проведен за периоды 2011 и 2018 годы по сравнению с 1994 годом.

Результаты исследования

Долинные и каровые ледники от общего количества составляют больше половины (66 %) , карово-долинные 22% и склоновые 12%.

За период 1994-2011 гг. и 1994-2018 площади всех ледников сократились. Наибольшее сокращение получили каровые и каро-долинные ледники (от 7,07 до 23,7 %), а остальные ледники сократились от 2,36 до 7,07 (рис.2 и таблица 2). Наибольшее сокращение наблюдается за период 1994-2018 гг.

Анализ таблицы 1 показал, что наибольшее сокращение получили ледники 53, 54, 55, 56, 57, 59, 61 и 62 площади которых варьировали от 0,173

до 0,715 км² (от 3,99 до 46,15 %). Ледники 48, 51, 52, 60, 63, 64 и 65, с относительно большими площадями (от 1,34 до 3,75 км²) сократились от 1,09 до 9,23 км². Площади трех остальных ледников сократились незначительно. Общая площадь ледников исследуемого региона, за периоды 1994-2011 и 1994-2018 годы, сократились соответственно, на 3,0 % (0,72 км²) и 9,8 % (2,11 км²). На рис.2 приведены примеры отступления языков и сокращения площади ледников 51 и 60 за период 1994-2018 гг.

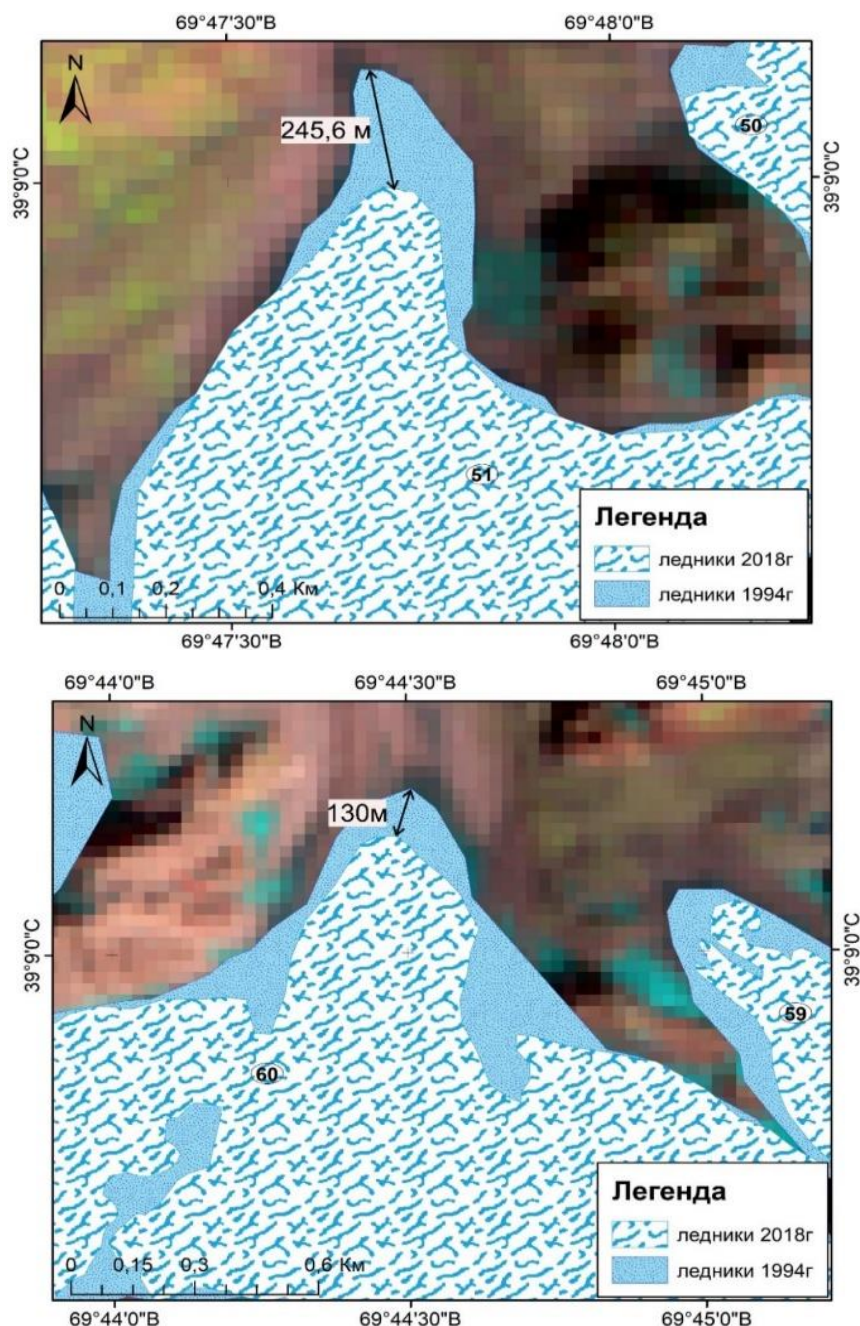


Рис. 2. Отступление языковой части ледников № 51 и 60

Таблица 1

Изменение площади ледников верховья речки Наукрум за период 1994-2018 гг.

№	Нумерация	Морфологический тип	Экспозиция	Изменение площади ледника, км ²						
				1994 г	2011 г	2018 г	2011-1994	%	2018-1994	%
1	№ 48	Дол	С	3,755	3,714	3,62	-0,041	-1,09	-0,135	-3,6
2	№ 49	Кар	В	0,266	0,253	0,252	-0,013	-4,88	-0,014	-5,26
3	№ 50	кар -дол	СЗ	0,896	0,856	0,813	-0,04	-4,46	-0,083	-9,26
4	№ 51	склон	С	3,15	3,065	2,972	-0,085	-2,7	-0,178	-5,65
5	№ 52	склон	СВ	2,361	2,321	2,143	-0,04	-1,69	-0,218	-9,23
6	№ 53	Кар	СВ	0,173	0,164	0,134	-0,009	-5,2	-0,039	-22,54
7	№ 54	Кар	С	0,495	0,466	0,414	-0,029	-5,86	-0,081	-16,36
8	№ 55	Кар	СВ	0,331	0,29	0,237	-0,041	-12,39	-0,094	-28,4
9	№ 56	Кар	СВ	0,376	0,361	0,317	-0,015	-3,99	-0,059	-15,69
10	№ 57	Кар	СЗ	0,229	0,204	0,193	-0,025	-10,92	-0,036	-15,72
11	№ 58	кар-дол	СЗ	0,296	0,295	0,275	-0,001	-0,34	-0,021	-7,09
12	№59	кар-дол	СЗ	0,482	0,423	0,355	-0,059	-12,24	-0,127	-26,35
13	№ 60	Дол	С	3,065	2,872	2,787	-0,193	-6,3	-0,278	-9,07
14	№ 61	кар-дол	СВ	0,715	0,629	0,385	-0,086	-12,03	-0,33	-46,15
15	№ 62	Дол	СЗ	0,353	0,338	0,246	-0,015	-4,25	-0,107	-30,31
16	№ 63	Дол	СЗ	1,76	1,711	1,599	-0,049	-2,78	-0,161	-9,15
17	№ 64	Дол	С	1,337	1,385	1,238	0,048	3,59	-0,099	-7,4
18	№ 65	Дол	СВ	1,578	1,538	1,521	-0,04	-2,53	-0,057	-3,61
				21,61	20,89	19,50	- 0.041±0.05	-5.00±4.43	-0.12±0.09	-15.05±11.56

В таблице 2 приведены данные о площади ледников исследуемого региона по морфологическому типу и ход их изменений. В результате анализа данных выявлено, что из общего количества, ледники долинового и карового типа составляют по 33%, каро-долинные и склоновые, составляют соответственно 22 и 12 %. Наибольшее сокращение получили площади каровых и каро-долинных ледников (от 7,07 до 23,7 %).

Таблица 2

Изменение площади ледников в зависимости морфологического типа

Морфологический тип	Количество ледников	В % к общему количеству	Средняя деградация площадей по морфологическому типу за период			
			1994-2011, км ²	%	1994-2018, км ²	%
Дол	6	33	-0,048	-2,43	-0,139	-7,05
Кар-дол	4	22	-0,046	-7,79	-0,140	-23,7
Кар	6	33	-0,022	-7,07	-0,053	-17,04
Склон	2	12	-0,0625	-2,26	-0,198	-7,18

Проведенный анализ показывает, что из общего количества ледников территории 28% относятся к ледникам северной ориентации, по 33% к ледникам северо – западной и северо – восточной ориентации и лишь один ледник (6 %) является с восточной ориентацией. Изменения площадей ледников в зависимости от ориентации приведены в рис.4.

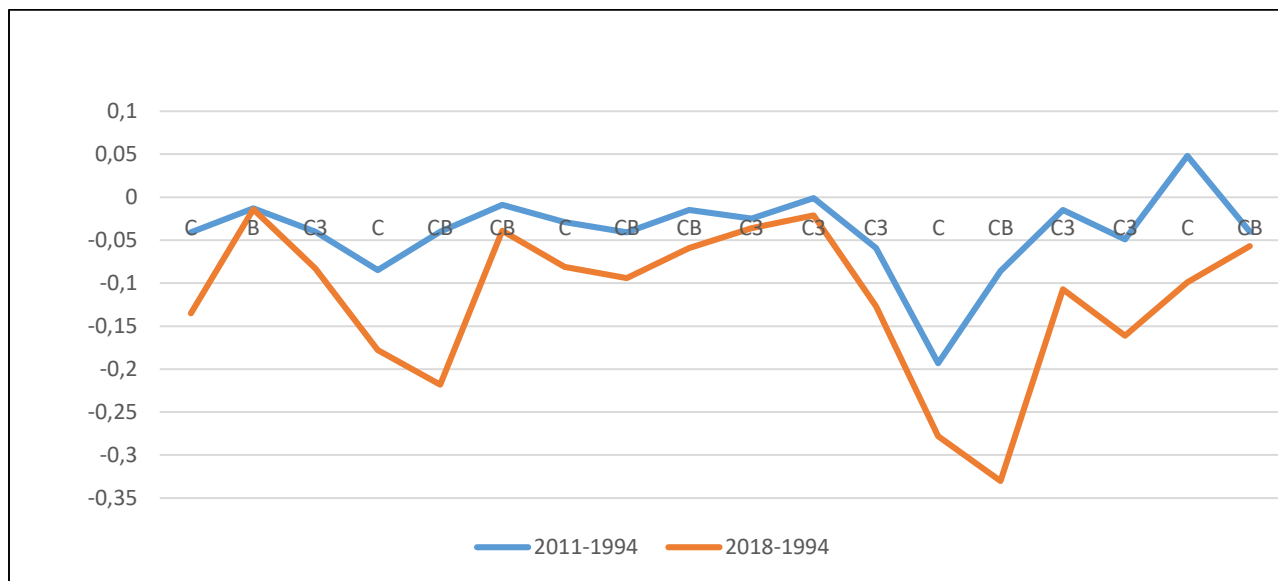


Рис. 3. Изменение площади ледников в зависимости от их ориентации по направлению

Выявлено, что за исследуемые периоды наибольшее сокращение получили площади ледников с северо-западной (4,86-13,1 %) и северо-восточной ориентацией (4,12-14,09 %). Площади ледников с северной и восточной ориентацией сократились незначительно (2,54-9,32%).

Необходимо отметить, что изменение площадей ледников в течение периода исследования, как по морфологическому типу так и по экспозиции за периоды исследования происходит почти синхронно (рисунки 3).

Выводы

В результате анализа данных выявлено, что общие площади ледников исследуемого региона, за периоды 1994-2011 и 1994-2018 годы, сократились соответственно, на 3,0 % (0,72 км²) и 9,8 % (2,11 км²). Наибольшее сокращение получили площади каровых и каро-долинных ледников (от 7,07 до 23,7 %).

Наибольшее сокращение площади ледников наблюдали в ледниках северо-западной (4,86-13,1 %) и северо-восточной ориентацией (4,12-14,09 %). Площади ледников с северной и восточной ориентацией сократились незначительно (2,54-9,32%).

Литература

1. Атмосферные осадки в Республике Таджикистан за 1990-2013гг: <https://livingasia.online>
2. Губин И. Е. О глубинном геологическом строении территории Гармской области Бюлл. МОИП, -Т. 30, -Вып. 4. -1955.
3. Каталог ледников СССР. -Том 14. -Средняя Азия. -Выпуск 3. Амударья. -Часть 6. Бассейн р. Сурхоб, между устьями рек Обихингоу и Муксу. – Гидрометеиздат. –Л., -1971. -92 с.
4. Каюмов А. Махмадалиев Б., Новиков В. Второе национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. -Душанбе, 2008. - 86с

5. Каюмов А. Махмадалиев Б., Новиков В., Каримов Ю., Пердомо М. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата - Душанбе, 2003. - 234 с.
6. Каюмов А. Новиков В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Душанбе, 2014., -166 с.
7. Каюмов А.К. Оценка состояния оледенения верховья реки Сурхоб на примере бассейна реки Камаров, в условиях изменения климата. Известия Национальной академии наук Таджикистана. -№1 (182), 2021. -С. 140-148.
8. Левитес Я.М. Общая геология с основами исторической геологии и геологии СССР, М., «Недра», 1986. -335 с.
9. Муратов В. И. Современное и древнее оледенение в бассейне Верхнего Сурхоба. Землеведение. Новая серия. Т. 8 (48), Изд. МГУ, -М., 1969.
10. Сафаров М.Т., Каюмов А.К. Влияние неблагоприятных, опасных и стихийных гидрометеорологических явлений на отрасли экономики в условиях изменения климата. -Душанбе, 2013. -51 с.
11. Толстой М.П., Малыгин В.А. Основы геологии и гидрогеологии. -М., «Недра», 1976. -279 с.
12. Худоев Н. Ледники бассейнов рек Сорбог и Сангикар (правые притоки р. Сурхоб) Материалы гляциологических исследований (МГГ). Хроника, обсуждения, -№ 14. Изд. АН СССР, -М., 1968.

А.Қ.ҚАЮМОВ, Д.КАМОЛОВА, А.ШОМАҲМАДОВ, Х.КАБУТОВ

ОМУҶИШИ ПИРЯХҲОИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ СУРХОБ ДАР БОЛООБИ ДАРӢИ НАУКРУМ

*Муассисаи давлатии илмӣ “Маркази омӯзиши пиряхҳои
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”*

Мақсади таҳқиқот баҳодиҳӣ ба ҳолати пиряхҳои болооби дарӢи Наукрум дар ҳавзаи дарӢи Сорбоғ мебошад.

Навоварӣ дар он мебошад, ки маълумоти охири оид ба пиряхҳои минтақаи тадқиқиаванда дар “Феҳристи пиряхҳои СССР”, наири соли 1971 дода шудааст.

Маълум карда шуд, ки: масоҳати умумии пиряхҳо дар минтақаи таҳқиқишуда дар давраи солҳои 1994-2011 ва 1994-2018 мутаносибан 3,0% (0,72 км²) ва 9,8% (2,11 км²) коҳиш ёфтааст.

Аз ҳама зиёд масоҳати пиряхҳои сиркӣ ва сиркию водигӣ (аз 7,07 то 23,7 %), инчунин пиряхҳои ба самти шимолу ғарб (4,86-13,1%) ва шимолу шарқ тамоюл дошта (4,12-14,09%))коҳиш ёфтааст.

Калидвожаҳо: пиряхҳо, таназзули пиряхҳо, яхбандӣ, коррелятсия, экспозитсияи пиряхҳо, намудҳои морфологии пиряхҳо.

A.K.KAYUMOV, D.KAMOLOVA, A.SHOMAHMADOV, KH.KABUTOV

RESEARCH OF GLACIERS IN THE SURKHOB RIVER BASIN IN THE UPPER COURSE OF THE NAUKRUM RIVER

*“State Scientific Institution ”Center for the Study of Glaciers of
the National Academy of Sciences of Tajikistan”*

The purpose of this work is to assess the state of glaciers in the upper reaches of the Naukrum river in the Sorbog river basin. The novelty of the work consist in the fact that the latest information about the glaciers of the region under study is given in the USSR Glacier Catalog of 1971.

As a result of data analysis, it was revealed that the total areas of glaciers in the study region, for the periods 1994-2011 and 1994-2018, decreased by 3.0% (0.72 km²) and 9.8% (2.11 km²), respectively. The areas of cirque and cirque-valley glaciers received the greatest reduction (from 7.07 to 23.7%) and greatest reduction was received by glaciers with northwestern (4.86-13.1%) and northeastern (4.12-14.09%) orientation.

Key words: glaciers, glacier degradation, glaciation, correlation, glacier exposure, morphological types of glaciers.

УДК 551.578.42

Н.В.ПИМАНКИНА, Ж.ТАКИБАЕВ

**МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СНЕЖНЫХ РЕСУРСОВ В
КАЗАХСТАНСКОМ АЛТАЕ**

*Центрально-Азиатский Региональный Гляциологический Центр (категории 2) под
эгидой ЮНЕСКО, Алматы, Казахстан
pimankina@mail.ru*

На основе данных маршрутных снегосъемок оценена пространственно-временная изменчивость высоты и водности снежного покрова в бассейнах 10 рек-притоков р. Ертис (Иртыш) с 1960 по 2019 гг. По наблюдениям на МС Риддер, рост средней температуры воздуха за ноябрь-март составляет 0.15°C/10 лет, суммы осадков за ноябрь-март увеличиваются, скорость изменения составляет 12,4 мм/10 лет. Величины высоты и водности снежного покрова в горах стали больше на 72% пунктов маршрутных снегосъемок. Анализ карт распределения средней высоты и водности снежного покрова в марте каждого года, построенных в программе ArcGIS, показал, что значительно увеличилась площадь, охватывающая средне- и высокогорную часть Казахского Алтая, где формируются снегозапасы 200 мм и более.

Ключевые слова: осадки, снежный покров, высота, водность, изменения, карты.

Введение

В пятом оценочном докладе МГЭИК [1] показано, что потепление климатической системы есть неоспоримый факт, с 1950 –х годов произошло потепление атмосферы и океана, запасы снега и льда сократились. В средних широтах в Северном полушарии количество осадков с высокой степенью достоверности увеличилось после 1951 г. Согласно перспективным оценкам, изменение количества осадков при мировом потеплении не будет однородным. На большей части территории Казахстана сумма осадков увеличится на 10-20% (рис. 2, [1]).

Недавние исследования изменений климата в горных районах, сопредельных Алтаю, указывают на совпадение глобальных и региональных тенденций: установлены положительные тренды в рядах средних годовых температур [2] и годовых сумм осадков [3-5] в последние десятилетия. При этом продолжительность залегания и толщина снежного покрова сокращается на Алтае, Тянь-Шане, Памире, Тибете [6,7]. Qian Li и др. [8] подсчитали, что в 1961-2014 гг. толщина снежного покрова на Тянь-Шане увеличилась. В Оценочном докладе [9] определена весьма существенная средняя скорость потепления в течение 1976-2008 гг., а именно 0,58 град./10 лет. Шмакин и др. [10] выявили повышение среднегодовых температур воздуха в Алтае-Саянском регионе на основе данных 22 метеорологических станций. Анализ информации за период 1955-2016 гг. по межгорным котловинам Русского Алтая [11] показал, что величина повышения температуры воздуха различна, при этом значимых изменений в режиме осадков выявлено не было. Малыгина и др [12] установили ведущие факторы, вызывающие выпадение осадков на Алтае: в 1981-2000 гг. основное количество осадков на Алтай приносили юго-западные циклоны, а в 2001-2011 гг. увеличилось совместное влияние арктического циклона и юго-западных циклонов. Егорина и Дюкарев [13] определили современные снегозапасы бассейна р. Каракаба и дали оценку стока с территории РК в КНР. Для территории Алтая составлены карты снегозапасов на определенные даты на основе спутников NOAA и TERRA, а для всей территории Казахстана – на основе данных радиометра MODIS [14, 15].

Анализ прямых наблюдений и использование традиционных способов оценки климатических условий и расчетов осадков, стока и других компонентов не теряет своей значимости. Ряды наблюдений по ряду станций Казахстана насчитывают 60-70 лет и более, что дает возможность проводить сравнительный анализ многолетних данных. В данной статье оценены многолетние колебания

снежности в бассейне р. Иртыш (Ертыс), значительная часть которого находится в пределах Казахстанского Алтая.

Район исследований

В пределах Казахстана расположена западная часть Алтайских гор. Район исследований расположен между 47 и 51 °с.ш. и 82 и 87 °в.д. (рис. 1). Алтай является значительным орографическим барьером на территории Евразии с контрастными климатическими условиями. Роль Алтая как ороклиматического барьера рассмотрена в работах [16-19].

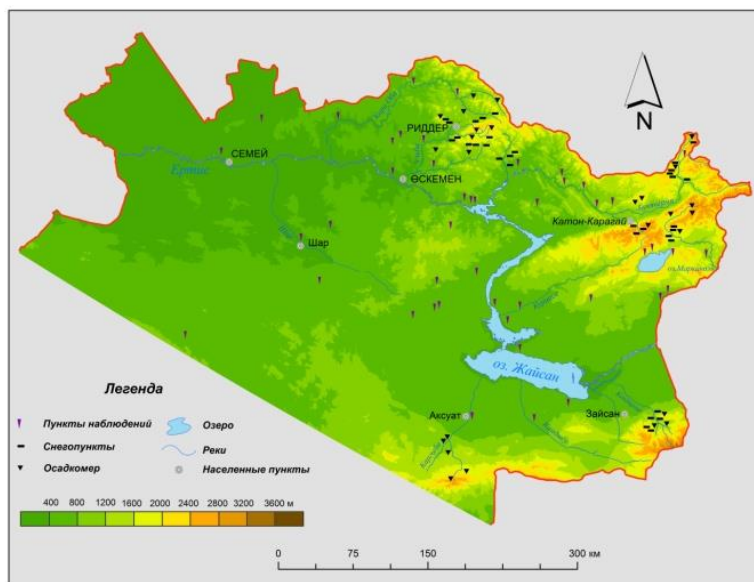


Рис. 1. Район исследований и расположение метеорологических станций и снегопунктов в бассейне р. Ертыс. Данные метеостанций приведены в табл. 1.

Лузгин [18] считает, что барьерные эффекты создают ареалы или ячейки (“соты”) территории с мозаичным характером мезо- и микроклиматических условий. Орографические особенности способствуют интенсивному увлажнению наветренных склонов и открытых к западу долин, а также выхолаживанию котловин зимой и их слабому увлажнению. Распределение осадков соответствует синоптическим и барьерным условиям. Наибольшее количество осадков наблюдается в Рудном Алтае: в отдельные годы суммы осадков достигают здесь 2500 мм, а суммы осадков за ноябрь-март 700-800 и

более мм [20]. В горном обрамлении Зайсанской и Нарым-Бухтарминской котловин суммы осадков за ноябрь-март колеблются в диапазоне 30-350 мм, что составляет 10-20% от годовой нормы. Ревякин и Кравцова [21] показали, что особо благоприятные условия для накопления снега создаются в случае орографических кулис, и на стыке хребтов Ульбинский, Ивановский, Холзун («полюс снежности Алтая») максимальные высоты снега могут достигать 5-8 м. Северский [22] показал зависимость аккумуляции снеготрезоров от ориентации долин. В открытых на запад снеготрезорение наибольшее- в долине р. Ульба до 1000 мм и более, и 20 мм в Зайсанской котловине.

Данные и методы

Для анализа использованы архивные справочные материалы, а также данные сайта <http://www.rp5.ru> [23] и данные Восточно-Казахстанского филиала Казгидромета. Используются данные ежедневных измерений высоты снега по постоянной рейке на площадках 14 длиннорядных с небольшим количеством пропусков МС (таблица 1). Измерения высоты и водности снежного покрова произведены в ходе маршрутных снеготрезорек в 10 бассейнах рек (притоков р. Ертыс) в конце каждого месяца зимнего сезона, период наблюдений по 2019 г. включительно (таблица 2). Высота снега на СП измеряется в 20 точках переносной снегомерной рейкой с точностью до 1 см. Протяженность маршрутов от 25 до 100 км.

Таблица 1

Данные о метеорологических станциях в районе исследований

№№	Название	Широта	Долгота	Высота, м	№№	Название	Широта	Долгота	Высота, м
1	Акжар	47.34	83.41	649	8	Риддер	50.20	83.30	809
2	Аксуат	47.45	82.48	535	9	Самарка	49.01	83.21	496
3	Жайсан	47.28	84.52	604	10	Теректы	48.25	85.43	615
4	Катонкарагай	49.10	85.36	1067	11	Тугыл	47.43	84.12	396
5	Кокпекты	48.45	82.23	510	12	Улькен Нарын	49.12	84.30	403
6	Куршим	48.33	83.38	433	13	Шемонаиха	50.37	81.54	310
7	Заповедник Маркаколь	48.47	85.39	1372	14	Усть-Каменогорск	50.02	82.30	285

Распределение МС и снегопунктов (СП), данные которых использованы при анализе, показано на рис. 1. Все метеостанции расположены в полузамкнутых горных котловинах или в открытых широких засушливых долинах и котловинах (Зайсанской, Нарым-Бухтарминской). На склонах и в высокогорье метеостанций нет.

Учтены данные наблюдений по суммарным осадкомерам (СО), установленным на склонах различной экспозиции. Корректировка данных не производилась, данные использованы как оценочные. Для уточнения тенденций климатических изменений выполнен анализ средней температуры воздуха и сумм осадков за ноябрь-март по МС Риддер за период 1960-2019 гг.

Таблица 2

Информация о наблюдениях на снегомерных маршрутах в бассейне р.
Ертис

Бассейн	Снегопункты, диапазон высот, м	Осадкомеры, диапазон высот установки, м
Р. Уба (Оба)	1000-1630	1010-1630
Р. Ульба (Ульби)	700-2040	1260-2100
Р. Шаравка	630-950	730-950
Р. Тургусун	500--1530	500-1530
Р. Сарымсакты	1340-2420	1570-2500
Р. Каменушка	н/б	1360-2200
Р. Белая Берель (Ак Берел)	1140-2560	1360-2420
Р. Каракаба (Каргыба)	1540-2210	1520-2160
Р. Карабуга	840-2480	900-2560
Р. Кендерлык	920-2120	1500-2330

Изменения климатических параметров оценены через анализ многолетних рядов наблюдений и полученных на их основе величин линейных трендов, а также определения разницы между показателями за 30-летние периоды (1960-1990 и 1991-2019 гг.). При анализе изменчивости параметров снежного покрова выбраны их наибольшие значения за зиму и март месяц. Данные 14 МС использованы для анализа высоты снега, измеренной по постоянным рейкам. Геолокация снегопунктов уточнена РГП «Казгидромет» в 2006-2010 гг. При

построении карт величины снегозапасов применен модуль ArcGIS Spatial Analyst, позволяющий строить изолинейные карты с помощью методов интерполяции данных между точками наблюдений. Использован метод сплайнов. Для картографической визуализации использованы произвольно выбранные градации.

Результаты

Изменения температуры и осадков зимой

Изменения средней температуры воздуха и сумм осадков за ноябрь-март следующего года по МС Риддер за период 1960-2019 гг. показаны на рис. 2. В рядах средней температуры воздуха за холодный период отмечается слабый положительный тренд. Угловой коэффициент (т.е. скорость изменения) составляет $0.15^{\circ}\text{C}/10$ лет, при этом амплитуда колебаний достигает 10°C . Средняя температура за холодный период по МС Риддер за 1991-2019 гг. увеличилась на $0,5^{\circ}\text{C}$ по сравнению с периодом 1960-1990 гг.

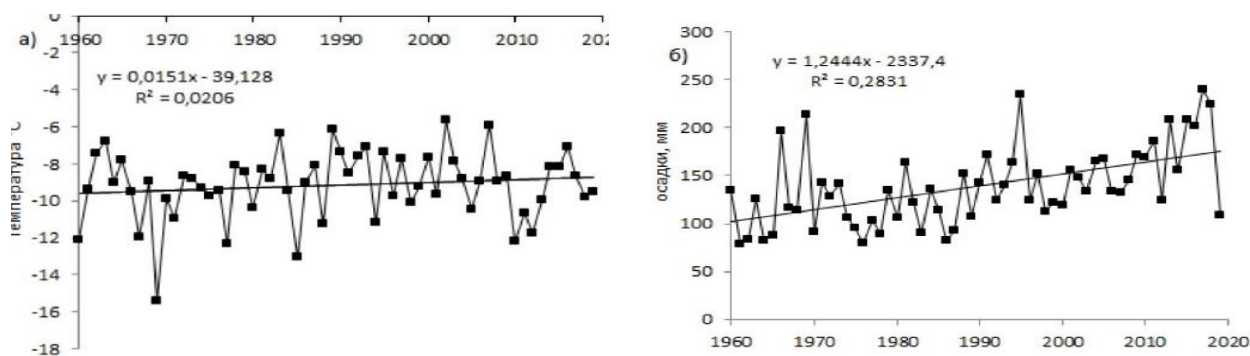


Рис. 2. Изменения средней температуры воздуха (а) и сумм осадков (б) за ноябрь-март по МС Риддер за период 1960-2019 гг. Прямая линия – линейный тренд

Изменения суммы осадков за ноябрь-март имеют более выраженный положительный тренд. Скорость изменения составляет $12,4$ мм/10 лет при амплитуде колебаний 160 мм. Тренды изменения температуры и осадков статистически незначимы, однако знак изменений показывает совпадение с общей тенденцией потепления климата и роста увлажненности сопредельных территорий.

В условиях сложного орографического строения распределение осадков и снегонакопление на территории крайне неоднородно. Расположенные в восточной части бассейна р. Ертис хребты в сочетании с преобладающим западным переносом воздушных масс создают барьерный эффект, следствием чего является повышенное увлажнение восточной части бассейна и соответственно, увеличение высоты и водности снежного покрова от равнинной части к горной.

Наибольшее увеличение средних сумм осадков за ноябрь-март (период 1991-2019 гг.) по сравнению с предыдущим тридцатилетием 1960-1990 гг. отмечено в наиболее увлажненном правом притоке р. Ертис, - в бассейне р. Ульби – от 120 до 200 мм (или на 30-60%). Увеличение сумм осадков холодного периода отмечается в бассейнах рек Ак Берел (на 40-90 мм), Каргыба (на 50-70 мм), Карабуга (10-20 мм). В бассейне р. Сарымсакты отмечены противоположные тенденции.

При анализе материалов наблюдений выявлены периоды, когда в течение 5 и более лет подряд выпадали осадки больше или меньше средней многолетней суммы. Судя по имеющимся данным, осадки холодного периода ниже нормы наблюдались примерно в 1974-1987 и 2004-2009 гг., периоды повышенного увлажнения – 1989-2000 и 2013-2017 гг.

Межгодовые колебания снежности

Анализ информации о высоте снежного покрова в бассейне р. Ертис за весь период наблюдений, а также за периоды 1960-1990 и 1991-2019 гг. показал, что наибольшая за год величина высоты снежного покрова (по постоянной рейке) на 10 МС увеличилась на 8-70% (на 2 МС изменения отсутствуют, на 2 МС уменьшение параметра). Фактически приrost составляет от 2 до 16 см, что в половине случаев сопоставимо с точностью измерений. Многолетние изменения высоты снежного покрова на площадках МС, расположенных в различных частях рассматриваемой территории, представлены на рис. 3.

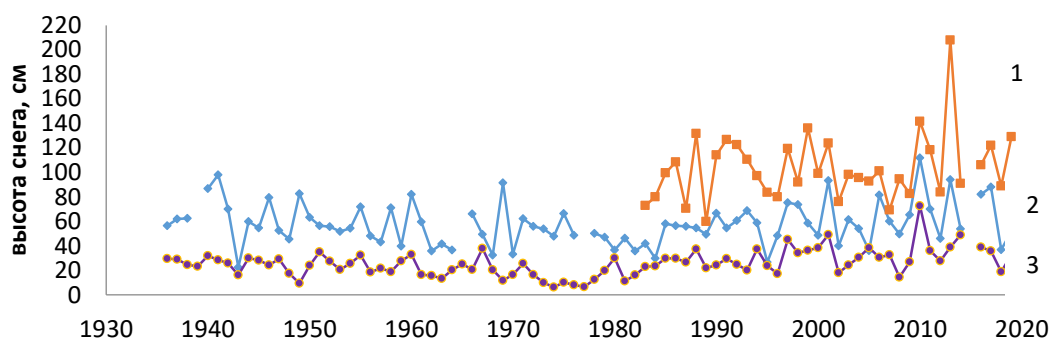


Рис. 3. Наибольшая за зиму высота снежного покрова по постоянной рейке на МС Маркакольский Заповедник (1), Самарка (2), Зайсан (3). Период наблюдений 1936-2019 гг.

Визуальный анализ графиков позволяет выявить наличие периодов слабой и повышенной аккумуляции снега на всех МС (за исключением МС Усть-Каменогорск). Период с высотой снежного покрова (по рейке) меньше нормы приходится на 1980-е годы. На разных МС период, в течение которого непрерывно отмечалась высота снега меньше нормы, продолжался от 5 до 15 и более лет (МС Кокпекты).

Последние 10-20 лет были достаточно многоснежными, по ряду снегопунктов отмечены наибольшие значения толщины и водности снежного покрова за весь период наблюдений. Значительная изменчивость толщины снежного покрова характерна для различных высотных уровней и экспозиций склонов притоков р. Ертіс. Сравнительный анализ данных о высоте снежного покрова, измеренной по снегосъемкам в горах, показал, что из 57 СП с продолжительными рядами наблюдений, годными для сравнения, положительные изменения высоты снега наблюдались на 43 СП, на 13 отмечено уменьшение и на 1 изменений нет. Наибольшая разница между величинами высоты снега, осредненными за 1960-1990 и 1991-2019 гг., отмечена в бассейне р. Ульби – от 5 до 55 см. В басс. р. Сарымсақты на большинстве СП наблюдается положительная разница от 6 до 30 см, в басс. р. Каргыба 6-11 см. В бассейне р. Ак Берел на всех 11 СП отмечена отрицательная динамика высоты снега - от -2 до -12 см. В верховьях р.р. Карабуга и Кендерлык разница в высоте не превышает 4-24 см.

Положительные тренды в рядах величин запасов воды в снежном покрове отмечены на 42 СП, отрицательные на 13. Наибольшая разница между величинами запаса воды в снежном покрове, осредненными за 1960-1990 и 1991-2019 гг., отмечена на всей территории бассейна р. Ульби – от 20 до 200 мм. В басс. р. Сарымсакты наблюдается как положительная разница 20-40 мм, так и уменьшение до 30 мм. В связи с прекращением наблюдений не представляется возможным оценить изменения в закрытой Верхне-Каракабинской котловине, при том что на участке долины р. Каракаба на стыке хребтов Курчумский и Южный Алтай наблюдается увеличение средних снегозапасов на 30-80 мм. В бассейнах рек Карабуга, берущей начало в хребте Тарбагатай, и р. Кендерлык, стекающей с хр. Саур, величины снегозапасов незначительно (до 40 мм) увеличились, однако ряды наблюдений не являются однородными и приведенные данные являются приблизительными. В бассейне р. Ак Берел на 5 СП средние снегозапасы изменились в сторону увеличения на 10-40 мм, на 7 СП отмечена отрицательная динамика запасов воды - от -6 до -25 мм.

В программе ArcGIS построены карты распределения указанных характеристик в марте. Сравнение карт показывает, что в среднем за последние 30 лет площадь территории, где толщина снежного покрова составляет менее 30 см, несколько сократилась, а площадь территории, на которой отмечается накопление снега толщиной 40 см и более, увеличилась (рис. 4).

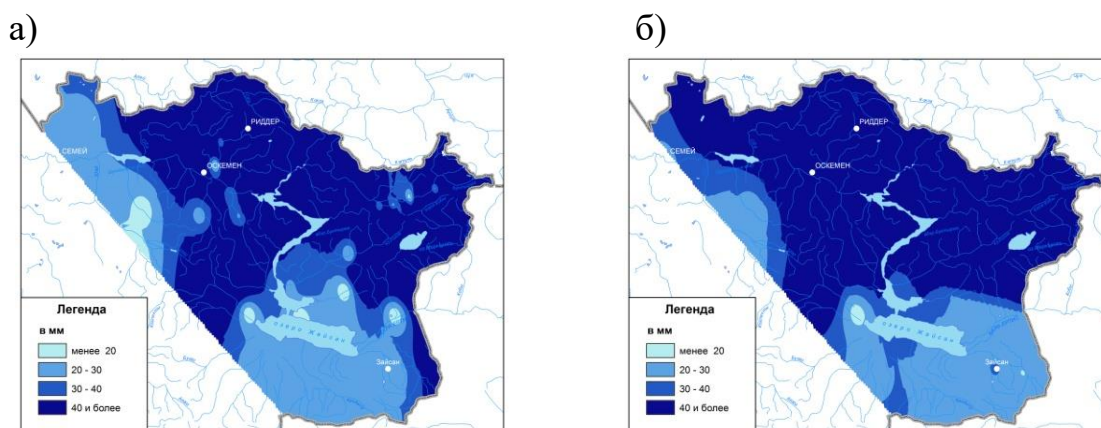


Рис. 4. Пространственное распределение средней высоты снежного покрова (см) в марте: 1960-1990 гг. (а) и 1991-2019 гг. (б)

Наибольшие значения снегозапасов наблюдаются по-прежнему в «Тургусунском узле», где средние снегозапасы составляли 1000 мм и более (рис. 5). На склонах хребтов Южного Алтая, в особенности в горном обрамлении Зайсанской и Нарым-Бухтарминской впадин, в закрытой Верхне-Каракабинской котловине высота снега значительно меньше и колеблется от 15 до 100-120 см в районе перевалов. В истоках р. Ак Берел снегонакопление более значительное, снегозапасы в среднем составляют 400-600 мм. В невысоких предгорьях и Калбинском хребте снегозапасы не превышают 160 мм. В узких верховьях рек Жумба и Улкен Бокен, расположенных на южных склонах Калбинского хребта, снегозапасы достигают 250 мм.

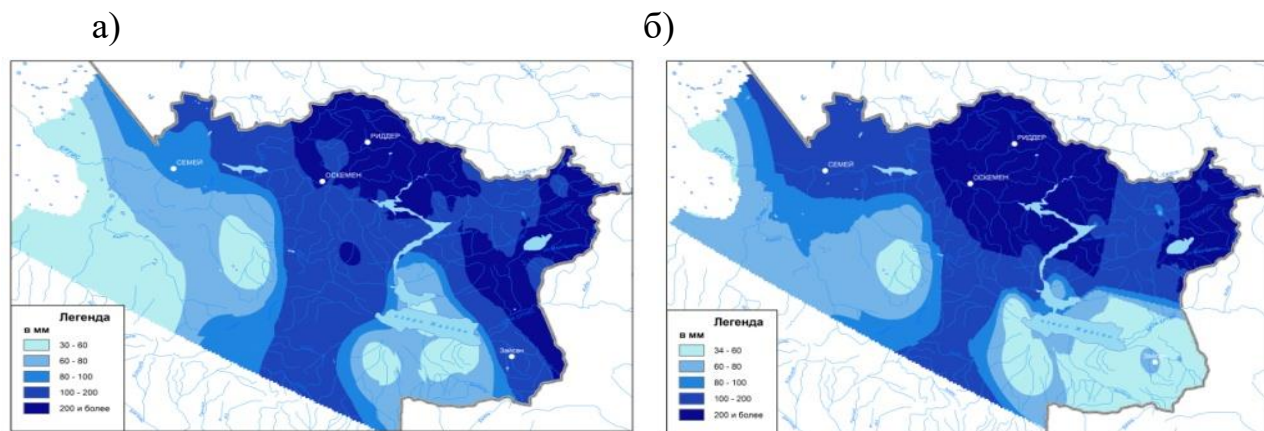


Рис. 5. Пространственное распределение запасов воды в снежном покрове (мм) в марте: 1960-1990 гг. (а) и 1991-2019 гг. (б)

Площадь территории, на которой запасы воды в снежном покрове не более 60 мм в.э., стала больше. Значительно увеличилась площадь, охватывающая средне- и высокогорную часть Казахстанского Алтая, где формируются снегозапасы 200 мм и более.

Заключение

В исследовании проанализированы межгодовые изменения ряда характеристик снежного покрова на территории Казахстанского Алтая за период однородных наблюдений 1960-2019 гг.

Межгодовая изменчивость сумм осадков, высоты и водности снежного покрова в пределах рассмотренного района Алтая имеет в целом общую пространственную связь. Внутри всего временного периода выявлены периоды повышенного и пониженного (выше или ниже нормы) увлажнения разной продолжительности, характерные для всей рассматриваемой территории.

Межгодовая изменчивость высоты и водности снежного покрова, по измерениям на площадках МС и пунктах маршрутных снегосъемок, имеет в основном положительные тенденции, статистически незначимые. Величины высоты и водности снежного покрова в горах стали больше на 72% пунктов маршрутных снегосъемок.

При сравнении двух периодов 1960-1990 и 1991-2019 гг. обнаружено, что величины высоты и водности снежного покрова увеличились на большинстве пунктов наблюдений на 5-60% , на отдельных пунктах – до 100%. Оценить причины значительных изменений (климатические, технические - перенос пунктов, ошибки наблюдения) в настоящее время не представляется возможным.

Основной абсолютный прирост величины сумм осадков за ноябрь-март (на 120-200 мм) и запаса воды в снежном покрове (на 50-200 мм) в последние десятилетия наблюдается в бассейне р. Ульби. Слабые отрицательные тенденции в изменении высоты и водности снежного покрова отмечены в бассейне р. Ак Берел, при том что суммы осадков холодного периода по показаниям СО увеличились на 40-90 мм.

Положительные тенденции преобладают в бассейнах рр. Карабуга, Кендерлык, Каргыба, однако разница в величинах сумм осадков и снегозапасов зачастую сопоставима с точностью наблюдений. В бассейне р. Сарымсакты отмечаются как увеличение, так и уменьшение сумм осадков и снегозапасов.

В Калбинском хребте высота снега по измерениям на площадках МС увеличилась на 15-25%.

Ярко выраженных закономерностей распределения величин наблюдаемых изменений в зависимости от высоты и экспозиции склонов не выявлено.

Литература

1. IPCC- (электронный ресурс) URL: <http://www.ipcc.ch/report>, МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 163 стр. Available from www.climatechange2013.org and www.ipcc.ch
2. Qing Yang, Cui Caixia, Sun Churong, Ren Yiyong. Snow Cover Variation in the Past 45 Years in the Tianshan Mountains, China//Adv. Clim. Change Res., 2008, 4 (Suppl.): 13-17.
3. Усманова З.С., Пиманкина Н.В. Пространственно-временная изменчивость температуры и осадков в бассейне р. Текес// Известия НАН РК, сер. Геологии и технических наук. – 2016. -№5. - С. 110-118. <http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>
4. Xu M, Kang S, Wu H, Yuan X. Detection of spatio-temporal variability of air temperature and precipitation based on long-term meteorological station observations over Tianshan Mountains, Central Asia.// Atmos. Res. 2018; 203: 141–163 DOI: 10.1016/j.atmosres.2017.12.007.
5. Li Y, Zhang D, Andreeva M, Li Y, Fan L, Tang M. (2020) Temporal-spatial variability of modern climate in the Altai Mountains during 1970-2015. //PLOS ONE 15(3): e0230196. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230196>
6. Zhou Hang , Elena Aizen,Vladimir Aizen. Seasonal snow cover regime and historical change in Central Asia from 1986 to 2008//Global and Planetary Change.- Volume 148, January 2017. -Pages 192-216.

7. Xu, W., Ma, L., Ma, M., Zhang, H., Yuan, W., 2017. Spatial-temporal variability of snow cover and depth in the Qinghai-Tibetan plateau. //J. Clim. 30, 1521–1533.
8. Qian Li, Tao Yang, Feiyun Zhan, Zhiming Qi, Lanhai Li. Snow depth reconstruction over last century: Trend and distribution in the Tianshan Mountains, China // Global and Planetary Change.- 173 (2019).-pp. 73–82.
9. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад. - Под ред. А.О. Кокорина.-Всемирный фонд дикой природы (WWF России). – М., 2011. – 168 с.
10. Шмакин А.Б., Харламова Н.Ф. Современные изменения климата Алтае-Саянского экорегиона// Мат. межд. н.-практ. конф., посв. 120-летию проф. М.В. Тронова «Климатология и гляциология Сибири». – Томск, 16-20 октября 2012 г.– с. 313-315.
11. Сухова М.Г., Журавлева О.В. Изменения температуры воздуха и осадков в межгорных котловинах Юго-Восточного и Центрального Алтая//Известия РАН, 2018. -№ 6. - С. 93-101.
12. Малыгина Н.С, Т.В. Барляева, А.Г. Зяблицкая, Н.К. Кононова, Д. Отгонбаяр, О.В. Останин, Т.С. Папина. Русский и Монгольский Алтай: особенности макроциркуляционных процессов, обеспечивающих атмосферные осадки в последнее тридцатилетие// Известия АлтГУ, № 3-2(83). – 2014.-С. 123-128.
13. Егорина А.В., Дюкарев А.Д.. Трансграничный сток в Китайскую Народную Республику и его формирование на территории Восточного Казахстана// Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева, № 3(49). -2010.- с. 169-171
14. Игловская Н.В., Нарожный Ю.К. Определение снегозапасов Алтая с использованием спутниковой информации//Вестник ТГУ, 2010. - № 334. – с. 160-165.

15. Mashtaeva S., Dai Liyun, Che Tai, et. al. Spatial and temporal variability of snow depth derived from passive microwave remote sensing data in Kazakhstan//J. Meteor. Res., 2016. - # 30(6). – Pp. 1033-1043. doi: 10.1007/s13351-016-5109-z.
16. Ревякин В.С., Егорина А.В. Особенности атмосферных процессов в условиях внутриконтинентального орографического барьера Юго-Западного Алтая. // География и природопользование Сибири. Барнаул, изд-во: Алт.Гу, 2003. Вып.6.
17. Егорина А.В. Взаимосвязь ороклиматического барьера Большого Алтая с центрами действия атмосферы планетарного масштаба// Труды Карагандинского государственного технического университета, №3(24). – 2006. – С. 31-32.
18. Лузгин Б.Н. Большой Алтай как климатический барьер // Известия АГУ. 2007. Вып. 55, № 3. С. 39–46.
19. Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян.- Томск, Издательство Томского госуниверситета.- 1998. - 201 с.
20. Справочник по климату Казахстана. – Вып. 10. Восточно-Казахстанская область. -Алматы, Казгидромет, 2004. – 67 с.
21. Ревякин В.С., Кравцова В.И. Снежный покров и лавины Алтая. – изд. ТГУ, Томск.- 1977. – 213 с.
22. Северский И.В., Благовещенский В.П. Лавиноопасные районы Казахстана. – Алма-Ата, Наука. – 1990. – 172 с.
23. Сайт «Расписание погоды» <http://www.rp5.ru>

КРИОСФЕРА
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ЦЕНТР
ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ТАДЖИКИСТАНА» № 1 (1), 2021 г.

КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК 551.583

А.К.КАЮМОВ, А.М.ШОМАХМАДОВ, М.Т.САФАРОВ

АНАЛИЗ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ И ИХ СВЯЗЬ С
ВОЗНИКНОВЕНИЕМ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ В ТАДЖИКИСТАНЕ В
2021 ГОДУ

Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана»⁸

Целью настоящей статьи является качественное и количественное изучение связи стихийных бедствий с изменением основных метеорологических параметров.

Авторы убедительно показали, что на метеорологических станциях, установленных в долинах, осадки либо не регистрируются либо они незначительные, тогда как в горной местности регистрируются значительные осадки, сходят крупные селевые потоки, которые становятся причиной значимого экономического ущерба, а иногда и человеческих жертв, как в 2021 году.

Выявлено, что процесс изменения температуры воздуха совпадает с возникновением селей в зонах ледников и этот процесс можно рассматривать как предшественник ледниковых селей и обычных селей.

Ключевые слова: метеорологические параметры, температура воздуха, атмосферные осадки, селевые потоки, коэффициент корреляции, разброс значений случайных величин, стихийные бедствия, ущерб, человеческие жертвы.

Введение

Ежегодно на территории Таджикистана происходит большое количество стихийных бедствий, наносящих значительный ущерб экономике страны, и являющихся причиной гибели мирных граждан [10, 11].

В 2020 году на территории Республики Таджикистан зарегистрировано 213 природных стихийных бедствий из которых сели и наводнения составляют 40 (36

Адрес для корреспонденции: Каюмов Абулхамид Каюмович, Шомахмадов Алишо, Сафаров Махмад Таварович. 734025, Республика Таджикистан, Душанбе, пр. Рудаки, 33, “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”. E-mail: abdkaumov@mail.ru; ali.shoh51@gmail.com

селей и 4 наводнения). Общая сумма ущерба, нанесенного природными стихийными бедствиями в 2020 году составляет 58,9 миллион сомони (5,2 миллион долларов США), а наводнениями и селями - около 20,5 миллион сомони (1,8 миллиона долларов США), при том что погибли всего 8 человек (4 при селях и наводнениях) [11].

За девять месяцев 2021 года, в стране зарегистрировано всего 346 природных стихийных бедствий и техногенных чрезвычайных ситуаций из них 50 составляют сели и наводнения. В результате прохождения селей и наводнений экономике городов и районов нанесен ущерб в размере 141,6 миллионов сомони (12,5 миллион долларов США) и при них погибли 42 человек [9]. Ущерб, нанесенный селями происшедшими 11 мая 2021 года экономике страны составляет 68 миллионов сомони (6,04 миллион долларов США), а сели происшедшие в г. Пенджикент 19 июля и 5 августа 2021 года нанесли ущерб в размере 9,2 миллионов сомони (817 тысяч долларов США). Селевые потоки, возникшие 14 и 28 июля 2021 года в Ляхшском районе, два раз подряд разрушили участок автодороги Вахдат-Ляхш, длиной 300-500 м.

Как видно, ущерб от стихийных бедствий (особенно селей) очень велик, и для его уменьшения необходимо принять меры по своевременному прогнозированию погодных условий в период пика этих процессов и снижению риска возможных стихийных бедствий, которые возложены на соответствующие государственные организации.

Целью исследования является качественное и количественное изучение взаимосвязи стихийных бедствий с изменением основных метеорологических параметров.

Наиболее частыми (в среднем 70 случаев в год) и наиболее смертоносными (в среднем 35 смертей в год) являются сели и наводнения [10]. Поэтому для достижения поставленных целей предметом исследования были выбраны сели.

Использованные материалы и методы анализа данных

Для достижения поставленных целей были использованы метеорологические материалы (бюллетени) Агентства по гидрометеорологии на периоды происшедших селей [8], а для получения необходимой информации по стихийным бедствиям и их ущербу обзоры чрезвычайных ситуаций за 2019 и 2020 годы [10, 11], подготовленные Комитетом по чрезвычайным ситуациям.

Для анализа также были использованы данные о стихийных бедствиях, происшедших в 2021 году, запрошенные в Комитете по чрезвычайным ситуациям [9].

Были также использованы результаты экспедиционных работ в 2021 году [12], а также информация о стихийных бедствиях, опубликованная в отдельных средствах массовой информации.

Кроме того была использована информация, приведенная в других источниках, посвященных проблемам изменения климата и адаптации к ним [4, 5, 6, 7, 13].

Полученные результаты

Согласно данным Комитета по чрезвычайным ситуациям [9], крупномасштабными и наиболее разрушительными были сели, происшедшие 6, 11 и 13 мая. Подобные селевые потоки наблюдались также 14, 19 и 28 июля и 5 августа 2021 гг. Поэтому именно эти события и были выбраны в качестве предмета исследования.

Согласно официальным данным Комитета по чрезвычайным ситуациям [9], в результате прохождения селевых потоков 6, 11 и 13 мая, а также 14, 19, 28 июля и 5 августа 2021 гг. были повреждены жилые дома, дороги, мосты и другие объекты инфраструктуры и отдельных секторов экономики почти во всех регионах страны, были временно закрыты автомобильные дороги, погибло 22 мирных граждан.

Для анализа данных по событиям, происшедшим в мае месяце использовались данные 26 метеорологических станций, расположенных в разных регионах страны, а по всем остальным событиям 3-4 станции, близкие к зоне прохождения селей, или подходящие по благоприятствующим формированию селевых потоков погодным условиям. В таблицах 1 и 2 представлены результаты анализа связи метеорологических параметров с селевыми потоками 6, 11 и 13 мая, происшедших в разных регионах страны.

Анализ данных метеостанции Тавилдара показывает (рисунки 1-2 и таблица 1), что связь между изменениями дневных и ночных температур, недостаточно тесна ($r(t_1, t_2) = 0,64$).

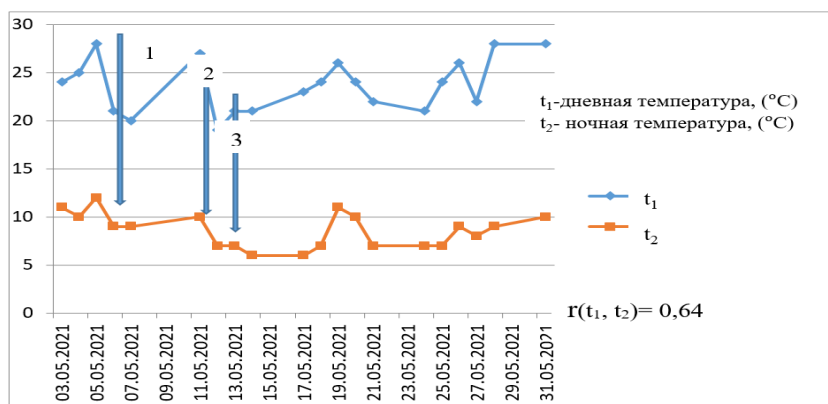


Рис. 1. Данные температуры воздуха за май 2021 года для станции Тавилдара. На рисунке стрелками и цифрами также приведены сели, происшедшие в отдельных регионах страны: 1 -6 мая, 2 -11 мая и 3 -13 мая

Незначительна также связь между температурой воздуха и дневными и ночными осадками также (r от 0,29 до 0,55).

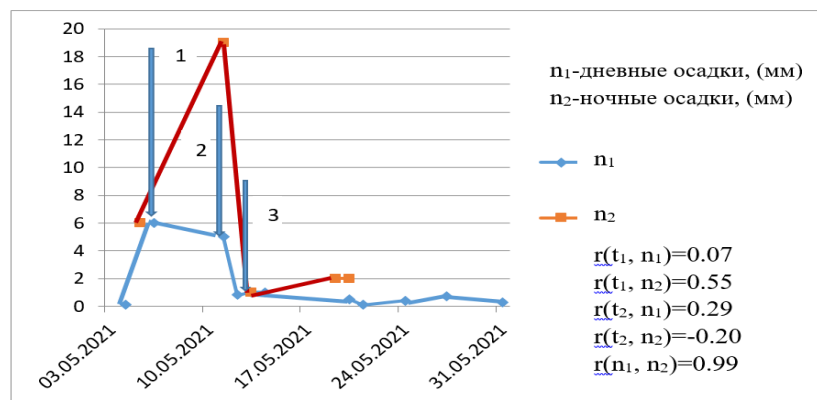


Рис. 2. Данные по осадкам за май 2021 года для станции Тавилдара. На рисунке стрелками и цифрами также приведены сели, происшедшие в отдельных регионах страны: 1 -6 мая, 2 -11 мая и 3 -13 мая

Такой же анализ по селевым событиям, происшедшим в мае месяце был проведен по всем 26 станциям. Все данные приведены в таблицах 1 и 2.

Несмотря на сильные дожди в некоторых регионах городов Куляб и Турсунзода, а также районов Ашт, Айни, Рашт, Нурабад, Яван и Вахшской долины, на станциях, находящихся вблизи этих местностях осадки не наблюдались (Муминабад, Яван, Хушёри, Ганджина, Куляб), а если и наблюдались (таблица 2), то они были незначительными (Гулшан, Мастчо, Сангистон, Гиссар, Рашт, Нуробод, Гиссар, Дангара, Фархор, Пяндж, Нижний Пяндж).

Чтобы объяснить это, следует принять во внимание, что 5-7 мая и 10-14 мая, в долинах наблюдалось небольшое количество осадков (иногда, даже не было осадков), а в горных регионах сильные осадки сопровождались селевыми потоками.

По этой причине на станциях, установленных в долинах, наблюдалось небольшое количество осадков (даже не было осадков), а в высокогорьях выпадали сильные осадки и в долины сходили крупные сели.

Такое же явление наблюдалось во время прохождения селевых потоков 19 июля и 5 августа 2021 года в джамоатах Ёри и Амондара города Пенджикент, когда в высокогорьях наблюдались осадки [8], а на станции Пенджикент, находящейся недалеко от места селевых потоков, осадки не регистрировались. Поэтому для анализа были использованы данные станции Дехавз (рис. 3-4).

Анализ данных на станции Дехавз показал, что связь дневных и ночных температур, а также дневной температуры и ночных осадков не значительна (коэффициент корреляции от 0,04-0,40). Связь между ночными температурами и осадками относительно тесна ($r(t_2, n_2)=0.75$). Осадки на этой станции соответствуют сели 19 июля (рисунок 4).

На рисунках 5-6 приведены графики изменения метеопараметров на станции Шахристан за август 2021 года.

Таблица 1

Связь метеорологических параметров и их точность на метеорологических станциях Республики Таджикистан на май месяц 2021 года

Название станции	$r(t_1, t_2)$	$r(t_1, n_1)$	$r(t_1, n_2)$	$r(t_2, n_1)$	$r(t_2, n_2)$	$r(n_1, n_2)$	$t_{1cp.} \pm \sigma$	$t_{2cp.} \pm \sigma$	$n_{1cp.} \pm \sigma$	$n_{2cp.} \pm \sigma$
1. Муминабад	0.74	-0.69	-0.83	0.81	-0.58	0.99	25,2±4,3	12,3±2,05	7,6±10,4	11,1±17,1
2. Ховалинг	0.65	-0.51	0.29	0.34	-0.29	0.99	24,2 ±4,6	13,2±2,2	4,0±5,1	12,0±16,3
3. Яван	0.72	0.11	-0.99	-0.20	-0.95	-	30,7±3,5	18,9±6,9	2,8±9,5	10,7±9,9
4. Бустонобод	0.54	0.93	0.66	-0.52	-0.49	-	18,3±3,2	10,4±4,7	6,5±5,3	10,2±6,3
5. Шахристон	0.61	-0.37	-0.19	-0.21	0.19	0.80	9,0±2,2	3,2±3,6	2,8±3,9	0,9±3,9
6. Истаравшан	0.81	-0.45	0.94	-0.53	0.97	-0.52	27,7±3,4	15,1±2,6	2,7±6,0	0,2±0,2
7. Хушёр	0.29	-0.31	0.99	0.46	0.99	-	24,4±3,5	11,7±1,6	3,1±4,1	8,5±6,4
8. Тавилдара	0.64	0.07	0.55	0.29	-0.20	0.99	23,7±2,8	8,6±1,8	1,5±2,0	6,0±7,5
9. Дарваз	0.56	0.25	0.39	0.22	-0.28	-0.27	27,2±3,0	13,3±1,5	0,5±0,8	2,5±5,1
10. Пенджикент	0.56	-0.64	0.50	-0.86	0.50	-0.50	28,8±4,6	15,5±2,5	3,9±6,1	0,7±1,1
11. Айвадж	0.64	-	-	-	-	-	34,0±3,4	20,5±2,3	5,0 ± 0,0	16,0±12,7
12. Эсанбай	0.74	0.1	-0.99	-0.11	-0.99	-	32,9±4,8	17,5±2,0	3,9±5,1	9,0±7,1
13. Фархор	0.81	0.74	-0.24	-0.78	-0.87	-0.99	32,6±4,2	18,6±2,6	3,7±8,0	5,2±8,5
14. Хамадони	0.41	0.20	-0.33	0.67	0.76	-	32,7±3,4	14,4±2,4	7,7±7,4	3,7±4,6
15. Санглох	0.82	-0.73	0.80	-0.75	0.50	-	17,1±3,1	10,5±2,3	6,7±5,6	3,3±4,0
16. Ганджина	0.60	-0.11	0.99	-0.19	0.98	-	30,5±3,9	16,9±1,6	2,2±4,8	1,5±0,7
17. Гиссар	0.43	0.25	0.44	0.99	0.99	-	29,9±4,0	15,2±2,1	8,6±7,8	2,4±3,2
18. Душанбе	0.78	0.23	00	0.76	-0.52	-0.81	29,9±3,5	15,2±2,0	2,9±2,7	5,9±7,0
19. Дангара	0.66	-0.54	-0.12	-0.55	-0.10	0.99	31,6±4,8	16,9±2,1	2,0±2,0	5,4±3,9
20. Куляб	0.82	-0.87	-0.91	0.76	-0.28	-	31,2±4,2	15,2±5,5	5,3±5,8	2,7±2,9
21. Пянджи Поён	0.61	0.10	-0.39	-0.35	-0.70	-	35,0±3,3	19,3±2,1	0,5±0,9	2,9±6,2
22. Пяндж	0.37	0.96	-0.50	-0.85	-0.07	-	33,4±3,6	16,7±1,4	1,2±1,5	7,7±9,8
23. Дарбанд	0.59	-0.69	-0.82	0.30	-0.58	-	23,4±3,4	12,2±1,7	2,0±2,5	0,3±0,5
24. Гулшан, Ашт	0.35	-	-	-	-	-	32,1±2,3	17,1±2,4	-	-
25. Рашт	0.33	-0.44	0.15	-	0.15	-	25,9±2,6	11,4±2,2	1,3±2,5	0,5±0,8
26. Бустон, Мастчо	0.64	-0.67	-	-0.94	-	-	31,8±3,8	17,9±4,6	2,7±1,2	5,0±3,8

r -коэффициент корреляции (связь) между метеорологическими параметрами, t_1 -дневная температура воздуха, (°C), t_2 -ночная температура воздуха, (°C), n_1 -дневные осадки (мм), n_2 -ночные осадки (мм), $t_{1cp.}$ -среднемесячная дневная температура, (°C), $t_{2cp.}$ -среднемесячная ночная температура, (°C), $n_{1cp.}$ -среднемесячные дневные осадки, (мм), $n_{2cp.}$ -среднемесячные ночные осадки, (мм), σ -разброс относительно среднего значения

Таблица 2

Количество осадков на выбранных метеорологических станциях, расположенных в отдельных регионах страны на май месяц 2021 года

Название станции	Количество осадков (мм)						Количество дней с осадками в течение месяца *	
	6 май		11 май		13 май		Днем	ночью
	Днем	Ночью	Днем	Ночью	Днем	Ночью		
1. Муминабад	+25	- (5 мм 5.05 ночью)	-	-	-(9 мм, 12.05 днем)	- (41 мм, 12.05 ночью)	5(38,2 мм)	5(55,5 мм)
2. Ховалинг	+15	-(36 мм 5.05 ночью)	+2	+22	+0,9 (4мм, 12.05 днем)	-	7(27,8 мм)	5 (59,8 мм)
3. Яван	+1	+24 (8 мм 5.05 ночью)	-	-	+5	-	5(14 мм)	3 (32,1 мм)
4. Бустонобод	+12	- (30 мм 5.05 ночью)	-	+0,5	+4	+0,1	5(32,4 мм)	3 (30,6 мм)
5. Шахристон	+14	+1	+1	+0,7	+1	-	14 (39 мм)	3 (2,6 мм)
6. Истаравшан	+15	+0,1	-	-	-	-	6 (16,2 мм)	3 (0,7 мм)
7. Хушёр	+12	+4 (13 мм, 5.05 ночью)	-	-	-	-	8 (24,5 мм)	2 (17 мм)
8. Тавилдара	+6	- (6 мм, 5.05 ночью)	+5	+19	+1	+1	11 (15,9 мм)	5 (30 мм)
9. Дарваз	+2	-	+0,1	+14	+0,1	+1	10 (4,8 мм)	7 (17,4 мм)
10. Пенджикент	+5	+0,1	+14	-	-	-	5 (19,3 мм)	3 (2,2 мм)
11. Айвадж	-	+25 (7 мм, 5.05 ночью)	-	-	-	-	1 (5 мм)	2 (32 мм)
12. Эсанбай	+ 0,5	+ 14 (4 мм, 5.05 ночью)	+0,1	-	- (11 мм, 12.05 днем)	-	4 (15,6 мм)	2 (18 мм)
13. Фархор	+ 0,4	+0,5	-	+0,2	+ 0,1	+ 15	5 (18,7 мм)	3 (15,7 мм)
14. Хамадони	+5	+1	-	+1	-	+9	3 (23 мм)	3 (11 мм)
15. Санглох	+6 (9 мм, 7.05 днем)	+1 (8 мм , 5.05 ночью)	+0,1	+1	- (16 мм, 12.05 днем)	-	6 (40,1 мм)	3 (10 мм)
16. Ганджина	+ 0,6	+1 (2 мм, 5.05 ночью)	-	-	- (12 мм, 12.05 днем)	-	6 (13,1 мм)	2 (3 мм)
17. Гиссар	+4	+1 (6 мм, 5.05 ночью)	+4	+0,1	+35	-	5 (43,2 мм)	3 (7,1 мм)
18. Душанбе	+4	+2 (5 мм, 5.05 ночью)	+8	+0,4	+2 (4 мм, 12.05 днем)	+16	8 (20,5мм)	4 (23,4 мм)
19. Дангара	+4	+4 (8 мм, 5.05 ночью)	+0,7	+0,4	- (5 мм, 12.05 днем)	+9	6 (11,8 мм)	4 (21,4 мм)
20. Куляб	+ 12	+ 6	-	-	- (2 мм, 12.05 днем)	+1	3 (16 мм)	3 (8 мм)
21. Пянджи Поён	+ 0,1	+ 14	+ 0,1	+ 0,1	- (2 мм, 12.05 днем)	- (0,1 мм, 12.05ночью)	5 (2,4 мм)	5 (14,7 мм)
22. Пяндж	+0,3	+9	-	+0,7	- (3 мм, 12.05 днем)	+21	3 (3,7 мм)	4 (30,8 мм)
23. Дарбанд	+7	-	-	+ 0,1	+ 1 (2 мм, 12.05 ночью)	-	6 (12,1 мм)	4 (1,3 мм)
24. Гулшан, Ашт	-	+2	-	-	-	-	-	2(4 мм)
25. Рашт	+5	-	-	+2	-	-	4 (5,3 мм)	5 (2,7 мм)
26. Бустон, Мастчо	+2	+5	+4	-	-	-	3 (8 мм)	1 (5 мм)

*В этой таблице приведены только данные, предоставленные Агентством по гидрометеорологии (19-20 дней в течение месяца). Данные по выходным и праздничным дням Агентством не предоставляются

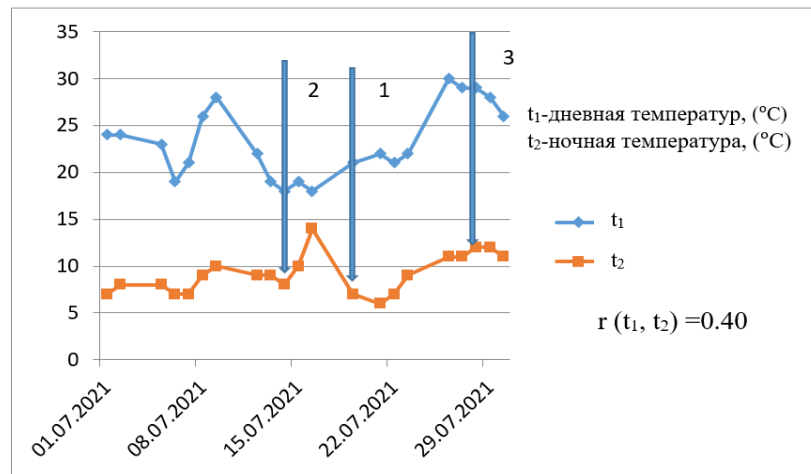


Рис. 3. Данные температуры воздуха на июль месяц 2021 года (станция Дехавз). На рисунке стрелками и цифрами также приведены другие сели, прошедшие в июле месяце: 1 -19 июля, 2 -14 июля ва 3 -28 июля

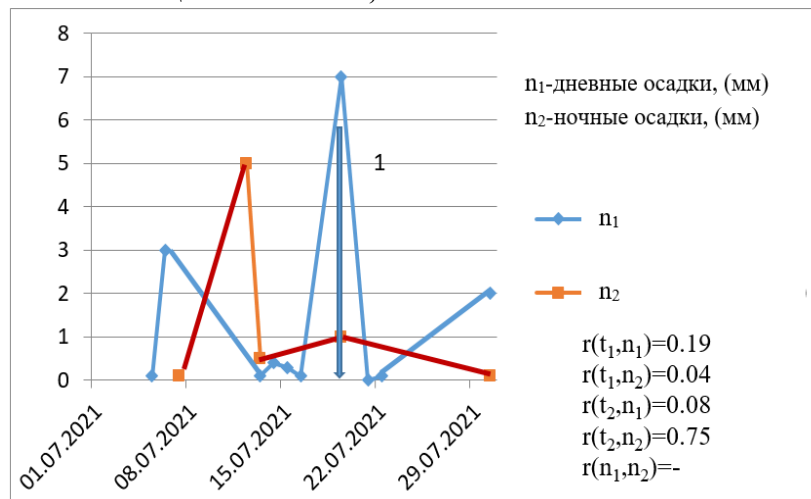


Рис. 4. Данные об осадках на июль месяц 2021 года (станция Дехавз). На этом рисунке стрелкой и цифрой обозначен селевой поток 19 июля 2021 года

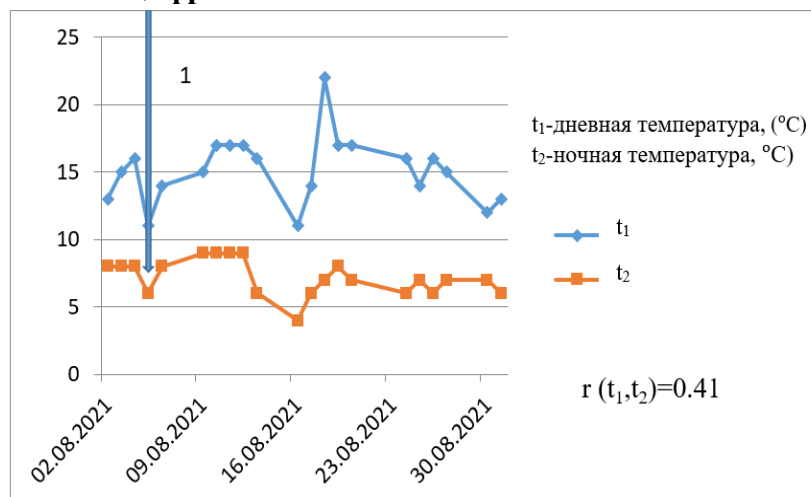


Рис. 5. Данные температуры воздуха на август месяц 2021 года (станция Шахристан). На рисунке стрелкой и цифрой указан селевой поток 5 августа

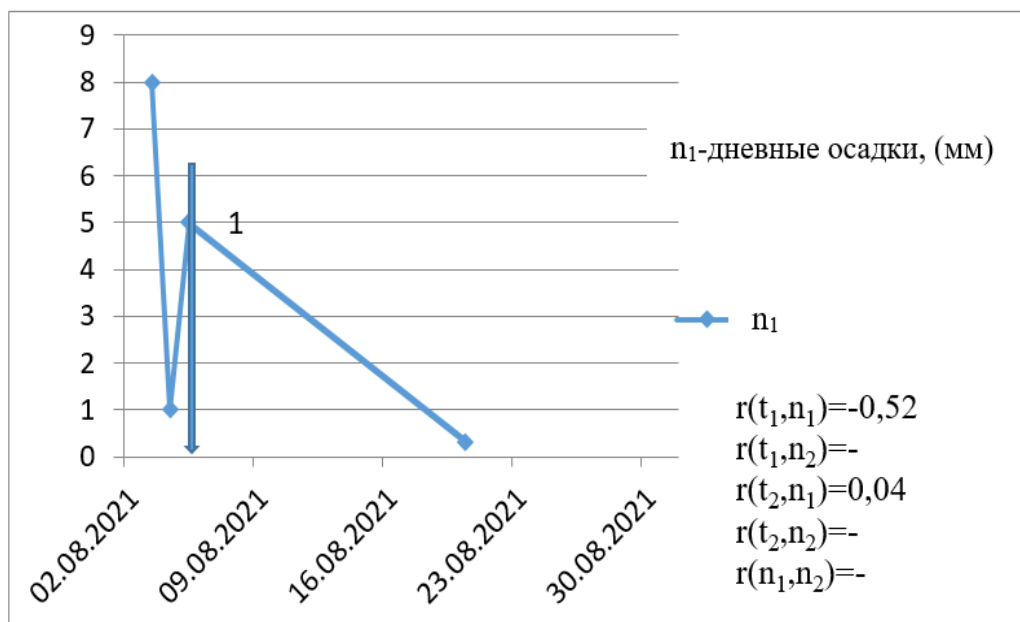


Рис. 6. Данные об осадках на август месяц 2021 года (станция Шахристан). На рисунке стрелкой указан селевой поток 5 августа

Данные по другим выбранным станциям не приводятся поскольку они идентичны по ходу изменения метеорологических параметров.

На станции Шахристан связь между дневной и ночной температурами (рис. 5) слабая ($r(t_1, t_2) = 0,41$), между дневной температурой и дневными осадками не так тесна ($r(t_1, n_1) = -0,52$), а между ночной температурой и дневными осадками (рис. 8) незначительна ($r(t_2, n_1) = 0,04$). Изменение температуры на станции Шахристан соответствовало селевому потоку 5 августа, а количество осадков в этот день составляло 5 миллиметров (рис. 6). На станции Дехавз наблюдаемые в этот день осадки составляли 7 мм. Хотя величины осадков на этих станциях незначительны, они подчеркивают, что на станциях, находящихся далеко от места события, но установленных в высокогорье (Шахристон, Дехавз), они все таки наблюдаются.

Анализ синоптических карт показал [8], что 1-9 и 26-28 июля на территорию Средней Азии и Таджикистана, со стороны Средиземного моря поступал горячий и сухой тропический воздух, и температура в стране повысилась не только в долинах, но также и на высотах более 3000 метров над

уровнем моря, где дневная температура воздуха достигала 20–24 градусов и возникла опасность возникновения гляциальных селей.



Рис. 7. Снимок ледникового озера в сентябре 2021 года, где на поверхности озера видны обломки ледника [12]

По нашим данным и информации из Комитета по чрезвычайным ситуациям [9], 14 июля 2021 года на речке Сугат (Ляхшский район) из сая, берущего начало из ледника Баралмос сошел селевой поток, который на 250 км, на расстоянии 300-500 м, засыпал камнями и гравием автотрассу Вахдат-Лахш. Такой же случай, в этом районе, с той же последовательностью, произошел 28 июля [9].

Если причиной селя 28 июля (2 селя за 1 день) было повышение суточной температуры воздуха 26-28 июля и быстрое таяние ледников, то причиной селя 14 июля в Ляхшском районе, вероятно, было повышение температуры в течение 1-9 июля (рис. 3, 8), быстрое таяние ледников и критическое наполнение ледниковых озер на леднике Баралмос.

Возможно наблюдаемые 13-14 июля осадки (рис. 4 и 9) ускорили процесс схождения селя из одного (или нескольких) переполненного ледникового озера,

т.е. произошло смешанное воздействие, экстремальное повышение температуры воздуха 1-9 июля и ее снижение 12-14 июля.

Изначально эта была возможная гипотеза, но позже, 15-30 сентября 2021 года, в район ледника Баралмос была организована вторая экспедиция. Проведенное в ходе этой экспедиции исследование показало, что 14 июля 2021 года с ледникового холма над озером откололся большой кусок льда, упал в ледниковое озеро (рис. 7), переполнил его, и большое количество воды, в виде селевого потока выплеснулось и стекло вниз [12].

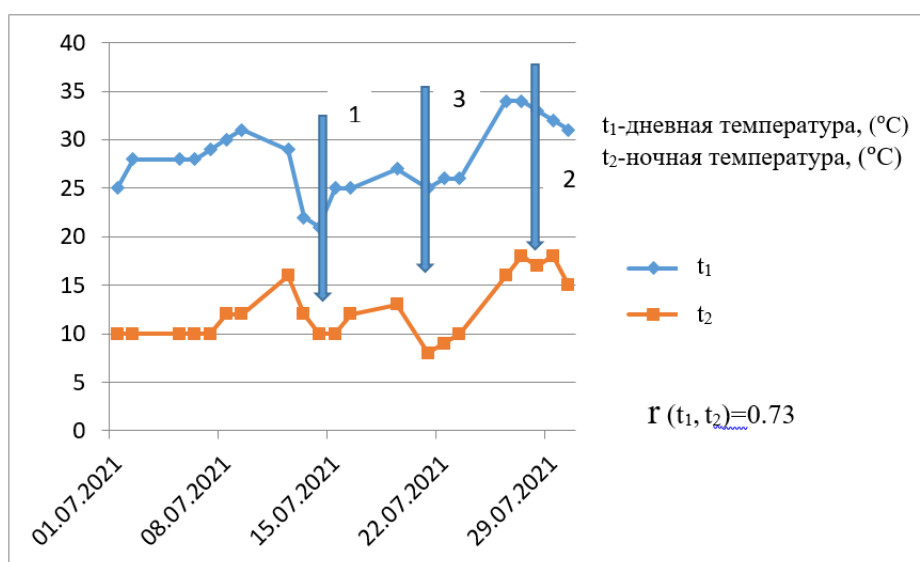


Рис. 8. Данные температуры воздуха за июль 2021 года для станции Ляхш. На рисунке стрелками и цифрами также приведены сели, происшедшие: 1 -14 июля, 2 -28 июля и 3 -19 июля 2021 года

На рис. 8-9 приведены графики изменения температуры воздуха и количества осадков на ближайшей к событию, станции Ляхш. Можно убедиться, что связь температуры воздуха (дневная температура) и количества осадков достаточно тесная [$r(t_1, t_2) = 0,73$, $r(t_1, n_1) = -0,95$, $r(t_1, n_2) = -0,95$].

Между ночной температурой и осадками (дневными и ночными), а также между ночными и дневными осадками существует очень слабая связь [$r(t_2, n_1) = 0,48$, $r(t_2, n_2) = 0,31$, $r(n_1, n_2) = 0,31$] (рис. 9).

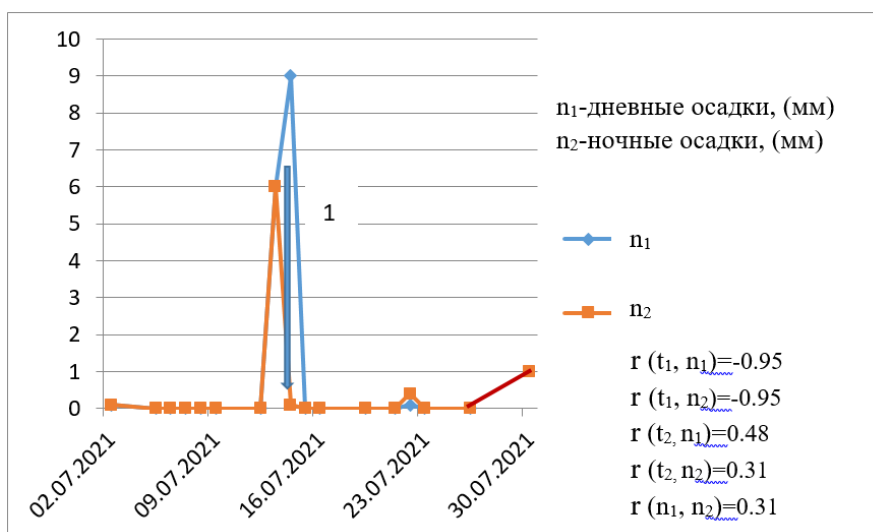


Рис. 9. Данные об осадках за июль 2021 года для станции Ляхш. На рисунке стрелкой и цифрой приведен сель, происшедший 14 июля 2021 года

На рис. 3 помимо тесной взаимосвязи между дневной и ночной температурами на станции Дехавз и селевым потоком 19 июля в Пенджикентском районе, наблюдается также связь между изменением температуры и селевыми потоками 14 и 28 июля в Ляхшском районе (рис. 8), хотя выбранная станция Дехавз расположена далеко от места их прохождения. Из этого можно сделать вывод, что ход изменения температур происходит практически одинаково по всей территории страны.

На основании анализа данных по происшедшим в мае месяце селевым потокам, было выявлено, что при расчете коэффициента корреляции между температурой воздуха и осадками (таблица 1), а также между дневными и ночными осадками, во многих случаях, связь этих величин оказывается слабой (или слишком тесной). По всей вероятности, причиной является очень малый объем данных по осадкам, несовпадение дней и ночей с осадками и большой разброс их значений (σ) относительно среднего (таблица 1).

Анализ данных по изменению температуры воздуха до наступления крупномасштабных обычных и ледниковых (гляциальных) селей показал, что

практически на всех метеостанциях ход этих изменений одинаков и имеет вид, приведенный на рисунке 10.

Такой ход изменения температуры воздуха можно принять в качестве предвестника селевых потоков (обычных или ледниковых).

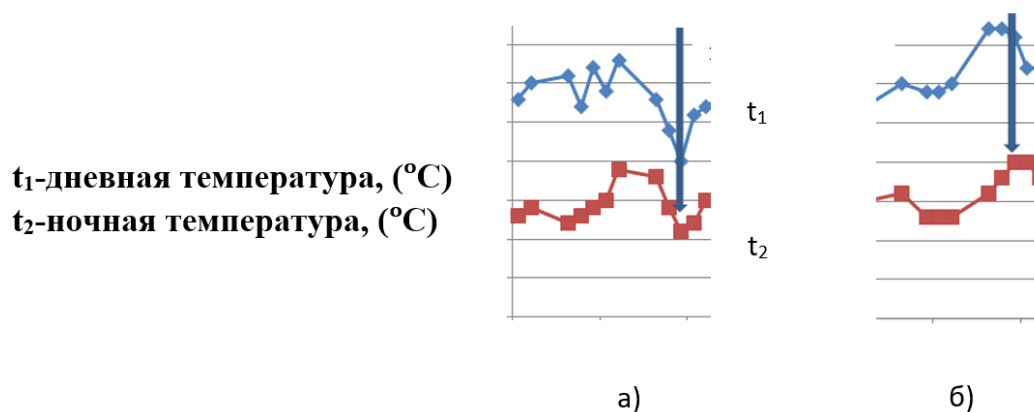


Рис. 10. Ход изменения температуры воздуха до возникновения обычных а) и ледниковых б) селей

Выводы

Изучение погодных условий Республики Таджикистан и последствий стихийных бедствий на 2021 год показало, что в большинстве случаев, из-за прорыва влажного, теплого и холодного воздуха в определенные дни и их смешивания устанавливается неустойчивая погода, вызывающая циклоны с теплыми и холодными фронтами и образование конвективных дождевых облаков в высокогорьях [2].

По этой причине в высокогорьях могут наблюдаться проливные дожди со сходом в долины крупных селей, а в долинах-незначительные осадки (осадки даже могут не регистрироваться). Примером могут быть сели, происшедшие в городе Пенджикент 19 июля и 5 августа 2021 года, а также сели в других регионах страны.

Если на станциях, расположенных вблизи селевой зоны, осадки не регистрируются, они могут регистрироваться на станциях, расположенных далеко от места прохождения селя, но установленных в горной местности.

Из-за небольшого количества данных по осадкам практически на всех станциях в течение месяца и большого разброса их значений, можно полагаться только на изменение температуры и количества осадков в день селевых потоков или накануне их возникновения (более 14 мм).

Быстрое повышение температуры летом увеличивает вероятность быстрого таяния ледников и возникновения ледниковых селей, а ее резкое падение может вызвать обычные сели. Следовательно ход изменения температуры воздуха может быть принят как предвестник селей (рисунок 10). Иногда может наблюдаться смешанное воздействие, как например, при гляциальном селевом потоке 14 июля 2021 года в Ляхшском районе (рис. 3 и 8).

Предложения и рекомендации по снижению риска стихийных бедствий

По результатам исследования предлагаются следующие рекомендации и предложения:

1. Налаживание тесного сотрудничества между соответствующими министерствами и ведомствами Республики Таджикистан и исполнительными органами государственной власти и местного самоуправления в области обмена информацией.

2. Определение основных горных местностей, с территории которых, из-за неустойчивых погодных условий часто сходят крупные селевые потоки (например, Пенджикент, Ашт, Ляхш и др.) и установка на этих участках автоматических метеорологических станций (высоты 3000-3500 м).

3. Установка автоматического гидрометеорологического оборудования на самых прорывоопасных ледниковых озерах, находящихся на активных ледниках

(высоты выше 3000-3500 м), с целью отслеживания изменений их состояния и прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций.

4. Разработка “Информационного портала по предоставлению информационных услуг в области мониторинга ледников и криосферы” на базе сервера ГНУ “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”.

Литература

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Издательство «Наука», -Москва, 1969 г., -564 с.
2. Веремей Н. Краткий словарь терминов по конвективным облакам. <http://meteoweb.ru/>, февраль 2005 г. (Обращение 22.12.2021)
3. Доклад Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) о состоянии климатического обслуживания в 2020 году: от заблаговременных предупреждений к заблаговременным действиям, Женева, 13 октября 2020 года.
4. Каюмов А.К., Новиков В.В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об Изменении Климата. -Душанбе, 2014 г. -167 с.
5. Каюмов А.К., Махмадалиев Б.У., Новиков В.В., Каримов У.Х., Пердомо М. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата. -Душанбе, 2003 г. -264 с.
6. Каюмов А.К., Махмадалиев Б.У., Новиков В.В., Мустаева Н. и Раджабов И.Ш. Второе национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об Изменении Климата. - Душанбе, 2008 г. -96 с.

7. Махмадалиев Б., Новиков В. Первое национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. -Душанбе, 2002 г. -138 с.
8. Метеорологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан на май-август месяцы 2021 года. -Душанбе, 2021 г.
9. Официальная информация, по стихийным бедствиям, происшедшим в период май-август 2021 года, полученная из Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан.
10. Обзор чрезвычайных ситуаций на 2019 год. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. -Душанбе, июль 2020 г. -132 с.
11. Обзор чрезвычайных ситуаций на 2020 год. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. -Душанбе, июль 2021 г. -129 с.
12. Отчёты ГНУ «Центр изучение ледников Национальной академии наук Таджикистана». -Душанбе, июнь-сентябрь 2021 г.
13. Сафаров М.Т., Каюмов А.К. Влияние неблагоприятных, опасных и стихийных гидрометеорологических явлений на отрасли экономики в условиях изменения климата. -Душанбе, 2013. -51 с.

А.Қ. КАҶУМОВ, А.М. ШОМАҲМАДОВ, М.Т. САҒАРОВ

ТАҲЛИЛИ ШАРОИТИ ОБУ ҲАВО ВА РОБИТАИ ОН БО РЀЙДОДИ ОҒАТҲОИ ТАБИЙ ДАР ТОҶИКИСТОН

*Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзишии пирахҳои Академияи миллии илмҳои
Тоҷикистон»*

Ҳадафи мақола омӯзишии сифатӣ ва миқдорӣ дар робита бо оғатҳои табиӣ ва тағйирёбии параметрҳои асосии метеорологӣ мебошад.

Муаллифон ба таври боварибахи нишон додаанд, ки дар пойгоҳҳои обухавосанҷии дар водихо ғузошта шуда боришот ё ба қайд гирифта намешавад ё кам аст, дар баландкӯҳҳо боришоти зиёд ва селҳои калон ба амал меоянд, ки хисороти калони иқтисодӣ ва дар баъзан мавридҳо талафоти одамон низ ба вуқӯ меаӣвандад.

Муайян карда шуд, ки раванди тағйирёбии ҳарорати ҳаво бо пайдоиши сел дар минтақаҳои пирахҳо рост меояд ва ин равандро метавон пешгузаштаи селҳои пирахӣ ва сели муқаррарӣ ҳисоб кард.

Калидвожаҳо: параметрҳои метеорологӣ, ҳарорати ҳаво, боришот, сел, коэффитсенти коррелятсия, паҳншавии арзишҳои тасодуфӣ, оғатҳои табиӣ, хисорот, талафоти одамон.

A.K.KAYUMOV, A.M.SHOMAKHMADOV, M.T.SAFAROV

ANALYSIS OF WEATHER CONDITIONS AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE OCCURRENCE OF NATURAL DISASTERS IN TAJIKISTAN

*State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the National Academy of
Sciences of Tajikistan"*

The purpose of this article is a qualitative and quantitative study of the relationship between natural disasters and changes in the main meteorological parameters.

The authors convincingly showed that at meteorological stations installed in the valleys, precipitation is either not recorded or it is insignificant, while in the highlands significant precipitation is recorded, large mudflows come down, which cause significant economic damage, and sometimes human casualties, as in 2021.

It was revealed that the process of air temperature change coincides with the occurrence of mudflows in glacier zones, and this process can be considered as a precursor of glacial mudflows and ordinary mudflows.

Key words: meteorological parameters, air temperature, precipitation, mudflows, correlation coefficient, spread of values of random variables, natural disasters, damage, loss of life.

КРИОСФЕРА
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ЦЕНТР
ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ТАДЖИКИСТАНА» № 1 (1), 2021 г.

ХРОНИКА СОБЫТИЙ

А.К. КАЮМОВ

**ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ТАДЖИКИСТАНА» ЗА ТРИ ГОДА**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Только после обретения Республикой Таджикистан независимости в 2018 году стало возможным создание Государственного научного учреждения «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана», что позволит проводить углубленные научные и фундаментальные исследования состояния самого уникального сокровища природы – ледников.



**Фото 1. Послания Основателя мира и национального единства – Лидера нации,
Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона Маджлиси Оли
Республики Таджикистан 22 декабря 2017 г.**

В соответствии с Посланием Основателя мира и национального единства – Лидера нации, Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 22 декабря 2017 г., согласно Постановлению Правительства Республики Таджикистан от 2018 г. № 162, а также Постановление Национальной академии наук Таджикистана от 23 апреля 2018 г., было создано Государственное научное учреждение

«Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана» (далее Центр), что является важным событием в научной и стратегической жизни страны.

Благодаря дальновидной политике Правительства Республики Таджикистан, организации этого Центра, позволило создать современную таджикскую научную школу по гляциологии и криосфере, которая занимается фундаментальными и научно-прикладными исследованиями ледников Таджикистана отвечающая всем требованиям мировых стандартов по криосфере в целом с учетом национальных интересов Республики Таджикистан.

Неоспоримым доказательством о значимости этого Центра и последовательной политики Правительства Республики Таджикистан является, то что за короткий период деятельности Центра, его признали самые престижные международные организации по гляциологии, гидрологии и гидрометеорологии, а также пригласили принять участие в разработке Стратегии развития ВМО по изучению ледников, снежного покрова в горных регионах на 2020- 2030 годы в 2019 году.

На основе полученных научных результатов 14 ноября 2019 года успешно центр прошёл государственную аккредитацию.

Прежде чем организовать Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана» гляциологическая наука проходила несколько этапов:

- До 1920 годы гляциологические работы носили описательный характер.
- 1920 - 80- е годы проводили детальное изучение и составили каталог ледников.
- 80- е годы ледники рассматривались, как источник воды для орошения хлопковых полей. Проводили научно-исследовательские работы (НИР) по усилению таяния ледников для увеличения стока рек.
- 90-е- годы НИР по изучению ледников фактически были прекращены.
- 2018 – благодаря дальновидной политике Правительства Республики Таджикистан начались исследования и фундаментальные работы по изучению состояния ледников.

Ледники Таджикистана до 90-х годов прошлого века, основном были объектом исследования со стороны САНИГМИ (Ташкент) и Института географии АН СССР (Москва), так как в Таджикистане не были специализированных научные институты или центры по изучению ледников. Отдельные группы, которые были при различных организациях, выполняли вспомогательную роль для ведущих научных институтов Союзного значения. Учитывая труднодоступность и сложность горных условий Таджикистана основное внимание было направлено на наблюдение за языковой частью ледника и динамику их изменения. Эти работы не требовали сложного оборудования и были просты в исполнении.

Как выше было указано после приобретения независимости при Национальной академии наук Таджикистана организован самостоятельный научный центр, который проводить фундаментальные и прикладные научные работы с учетом национальных интересов.

Центр осуществляет свою деятельность в сотрудничестве с профильными структурами министерств и ведомств, госструктурами, общественными организациями, партнёрами по устойчивому развитию и другими зарубежными организациями по следующим задачам:

- изучить ледники, криосферы и гидрологический цикл в условиях изменения климата;
- разработать системы современной регистрации и мониторинга ледников Таджикистана
- составить современный каталог ледников на основе инновационных современных геоинформационных технологий, а также онлайн атлас ледников;
- проводить научные исследования в области изменения климата и его факторов;

- мониторинг репрезентативных и пульсирующих ледников;
- мониторинг по снижению вероятного ущерба от подвижки ледников, прорыва ледниковых озер, лавин и гляциальных селей;
- совершенствовать системы спутникового мониторинга и оценки высоты снежного покрова и потенциального прорыва опасных ледниковых озер;
- организовать комплексный мониторинг криосферы и высоту снежного покрова;
- получить спутниковую информацию высокого разрешения с целью повышения достоверных данных и проведения фундаментальных исследований по криосфере, запасов снега, мониторинга процессов формирования талой воды ледников и гидрометеорологии;
- внедрить современные инновационные методы для мониторинга ледников, криосферы и гидрометеорологии;
- повышать квалификацию работников и подготовку кадров по международным стандартам;
- реализовать проекты научно исследовательских, экспериментально-конструкторских и производственных работ, в том числе с зарубежными организациями на основе двухсторонних и многосторонних договоров;
- создать учебные центры и центры переподготовки в области гляциологии, криосферы и гидрометеорологии.

Следует отметить, что проведение фундаментальных и научно-практических исследований, соответствующих мировым стандартам в Республике Таджикистан и создание научно-технологических инфраструктур с целью достижения инновационного развития в области высоких технологий криосферы, гляциологии и гидрометеорологии являются основными задачами Центра реализация которых способствует изучению ледников и основных источников запасов воды в Республике Таджикистан.

В Центре работают более 60 научных и научно-технических кадров в следующих отделах и лабораториях:

- центральный аппарат;
- отдел мониторинга ледников, криосферы, гляциологии и ГИС технологии;
- отдел гидрометеорологии, защита ледников, изменения климата и адаптации;
- отдел экспедиционных и полевых исследований;
- лаборатория по качеству воды, изотопов и санитарии;
- отдел технического и вспомогательного персонала.

Изменение климата оказывает значительное влияние на водные ресурсы Республики Таджикистан. По оценкам экспертов за последнее десятилетие средняя температура в Таджикистане повысилась на 0,7-1,9°C, что привело к усилению деградации ледников, особенно ледников меньше одного квадратного километра. Кроме того, гидрологическая изменчивость наблюдается под влиянием изменения климата, что также оказывает негативное влияние на управление и использование водными ресурсами, особенно в мелиорации сельскохозяйственном секторе. Изменение климата требует безотлагательных действий для обеспечения устойчивости адаптационных мер к изменениям, включая улучшенное прогнозирование с целью уменьшения ущерба от наводнений, оползней, селей. Учитывая изложенные факты, Центр на основе результатов исследования, современных инновационных технологий, программ и моделей организовал комплекс мероприятий по изучению ледников страны.

1. УЧАСТИЕ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММАХ

1.1. «Государственная программа по изучению и сохранению ледников Таджикистана на 2010-2030 годы»

Данная программа была утверждена Постановлением Правительства от 3 мая 2010 года №209. Одним из важных пунктов данной программы является инвентаризация количества ледников, изучение ледников, регулярный мониторинг и подготовка каталога ледников.

Точное количество ледников не установлено имеются противоречивые данные. Из-за отсутствия точной информации о ледниках Таджикистана на сайте престижной международной организации «Всемирная служба мониторинга ледников» даже не указано количество ледников Таджикистана. Каталог ледников не подготовлен и не издан.

Учитывая сложившуюся ситуацию, Правительство Республики Таджикистан поручило создать Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана».

Так как сфера деятельности Центра направлена на исследование ледников, сотрудниками Центра за короткий период были проведены 40 экспедиций по изучению ледников. Были получены значимые результаты, которые входят в перечень основных пунктов данной госпрограммы. Плодотворен Атлас (каталог), что дает основание для детальной и фундаментальной работы над ледниками. Центр был включен во «Всемирную службу мониторинга ледников» и Всемирной метеорологической организации (ВМО) по криосфере и гидрологии, где представителем является профессор Каюмов А. на чем подробно остановимся ниже.

Исходя из реальной ситуации в соответствии с письмом Правительства РТ, на данный момент, Центр является основным исполнителем «Государственной программы по изучению и сохранению ледников Таджикистана на период 2010-2030 годы». Центр, ежеквартально представляет подробный отчет Правительству РТ о ходе выполнения данной программы.

Официальное, предложение о создании «Международного фонда изучения и сохранения ледников» в первые прозвучала в 2010 году в Копенгагене, в последующие годы в многих международных форумах самого высокого уровня обсуждали этот вопрос. Однако, прошло более десяти лет, нет реализации, Фонд не организован.

Исходя из этого Центр совместно с другими министерствами ведомствами, а также международных организаций ведет работу по организации «Международного фонда изучения и сохранения ледников». Наиболее оптимальный вариант, фонд необходимо создать под эгидой ООН.

1.2. Целевая государственная программа отечественных беспилотных летательных аппаратов различного назначения и адаптированных к местным условиям на 2014-2020 годы.

Центр проводит плановые исследовательские экспедиции с использованием беспилотных летательных аппаратов. Данная современная инновационная технология очень своевременна для проведения исследовательских работ по определению состояния ледников старны. Следует отметить, для сотрудников Центра были организованы серии научно-практических семинаров на тему: “Использование беспилотных летательных аппаратов для изучения ледников”.



Фото 2. Сотрудники Центра на обучающем семинаре по использованию беспилотников для изучения ледников

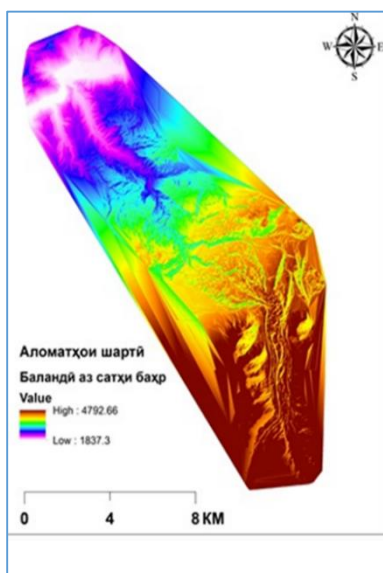


Фото 3. Подготовка беспилотника к полёту для обследования ледника Барылмас и результаты фотосъемки беспилотника (верховья реки Сурхоб)

Это позволило сотрудникам регулярно использовать беспилотник и в ходе экспедиционных работ. В перспективе, учитывая объем экспедиционных работ на ледниках Центр в координации с Национальной академии наук Таджикистана, планирует организовать собственную группу специалистов по управлению беспилотниками.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТ

За время своего существования в соответствии с рабочим планом Центр провел 40 научно-исследовательских экспедиций. Для выполнения поставленных задач сотрудники Центра ежегодно (2018-2021), на машине проезжают от 4000 до 5000 км, а пешком проходят более 400 км.



Фото 4. Сотрудники Центра изучают снежный покров

В соответствии с планом работы сотрудники, на данном этапе, Центра с января по май месяцы с 2018 года, ежегодно проводятся исследование и анализ снежного покрова, лавин и площади оледенения в районе Майхура-Зидди. Исследования показали, что высота снежного покрова в последние годы уменьшается, показатели 2020 года оказались значительно ниже предыдущих годов.

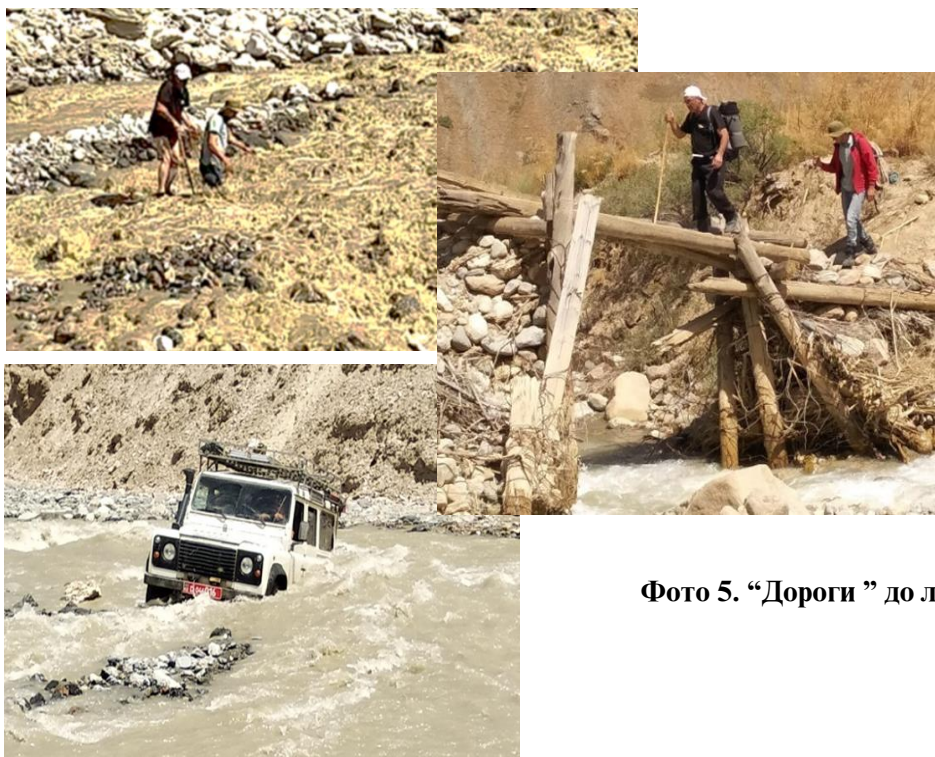


Фото 5. “Дороги ” до ледников

Анализ данных экспедиционных работ по исследованию ледников и снежного покрова в бассейне реки Сурхоб, бассейна озера Каракуль, а также в верховья рек Варзоба и Зарафшана показали, что количество твердых осадков в горных районах было относительно низким. Высота снежного покрова в 2020 г. было на 30-45% меньше, чем в предыдущие годы.

На леднике Зулмарт (Восточный Памир) и ГПП (гидрографическая партия, Зарафшан) на высоте от 3500 до 5100 м. над уровнем моря были установлены репера для определения баланса массы ледников. Репера были установлены на глубине от 6 до 8 метра, что позволяет определить динамику таяния ледников

Фото 6. Схема установленных реперов на леднике Зулмарт (на GPS высота 5100 м.)



Необходимо отметить, что такие комплексные работы в Республике Таджикистан проводятся впервые. Исследования для определения баланса массы ледников не проводились с 1980 г. В Советское время такие исследования в основном проводили путём перерасчёта. Данные о балансе массы ледников Восточного немногочисленны.

В 2019 и 2020 годы на ледниках Якарча в бассейне реки Варзоб и ледник № 457 в бассейне реки Гунт также были установлены репера для определения баланса массы ледников, что позволило определить динамику таяния ледников и баланс массы ледников. Ежегодно проводятся наблюдения за всеми этими ледниками. Идет сбор данных. Предварительный анализ данных показали, что ледники Восточного Памира более устойчивы и стабильны к условиям изменения климата, чем ледники в верховья реки Варзоба и Зарафшана.



Фото 7. Бурение ледника с помощью термобура для установления реперов

Следует отметить, что результаты экспедиционных работ показали, что деградация ледников наблюдается во всех бассейнах рек Таджикистана. Однако, для получения более достоверных данных требуется использование современных методов, инновационных технологий, высокоскоростных компьютеров и автоматических метеорологических станций.



Фото 8. Торжественная установка автоматической метеорологической станции в верховье реки Варзоб (02. 2021). Станция установлена при поддержке НАНТ

В феврале 2021 г Центр от НАН РТ получил автоматические метеорологические станции. Станция в торжественной обстановке была установлена в верховье реки Варзоб, где также присутствовали представители других организаций.

Согласно Каталогу ледников СССР, из 65 подвижных ледников в горах Средней Азии, 35 находятся в Таджикистане. В настоящее время в процессе изменения климата количество пульсирующих ледников в Республике Таджикистан увеличилось в разы.

Ледники Барылмас, Дидал, № 502 и № 503 (в Лахшском и Таджикабадском районах) относятся к группе пульсирующих ледников. По данным исполнительных органов государственной власти Лахшского и Таджикабадского районов, пульсации, гляциальные сели и ледовые паводки нанесли значительный социально-экономический ущерб районам. Именно поэтому Центр придаёт особое



Фото 9. Ледниковое озеро на леднике Барылмас (2020 г)

значение мониторингу пульсирующим ледникам, ледниковым озерам, гляциальным паводкам и селям.

В июле 2021 г Центр изучения ледников НАНТ совместно с Швейцарскими учеными на леднике Кызылсу и Барылмас верховья реки Сурхоб была установлена автоматическая гидрометеорологическая станция (рис. 10-13).



Фото 10. Многофункциональная метеорологическая станция на леднике Кызылсу (3700 м над ур. моря)



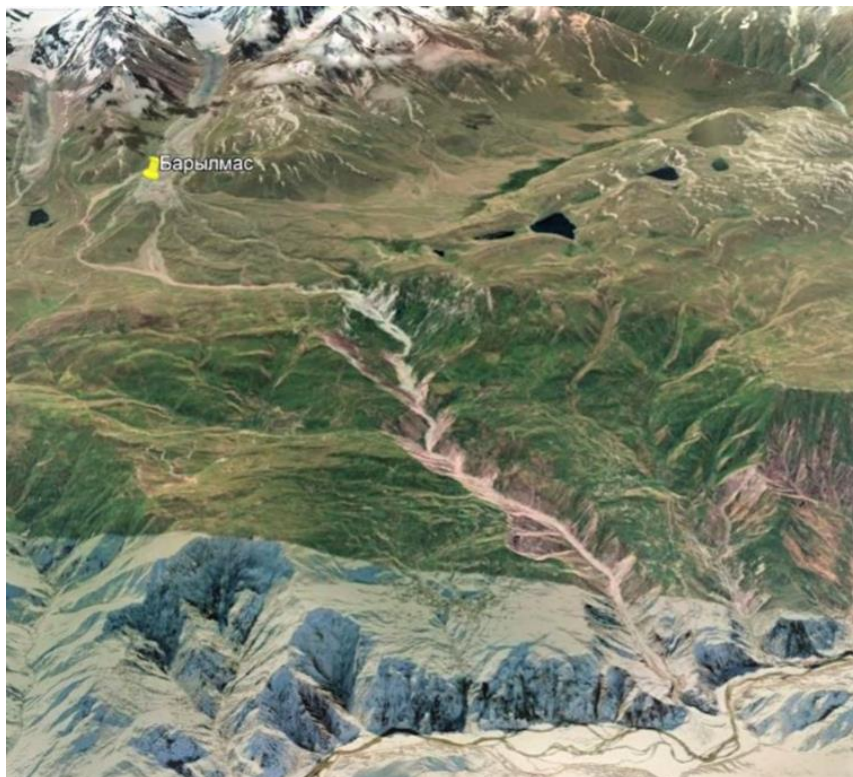
Фото 11. Установка метеостанции и автоматической осадкамеров рядом с ледником Кызылсу на высоте 3200 м. над уровнем моря.



Фото 12. Изучение гидрологического режима талых вод ледника Кызылсу

Раньше пульсации ледника Барылмас и ледниковых паводков фиксировали один раз в 7-10 лет. После 2010 года гляциальные сели наблюдали практически ежегодно, а в 2021 годы гляциальные сели и паводки были зафиксированы три раза, что нанесло серьезный ущерб народному хозяйству Лахшского района.

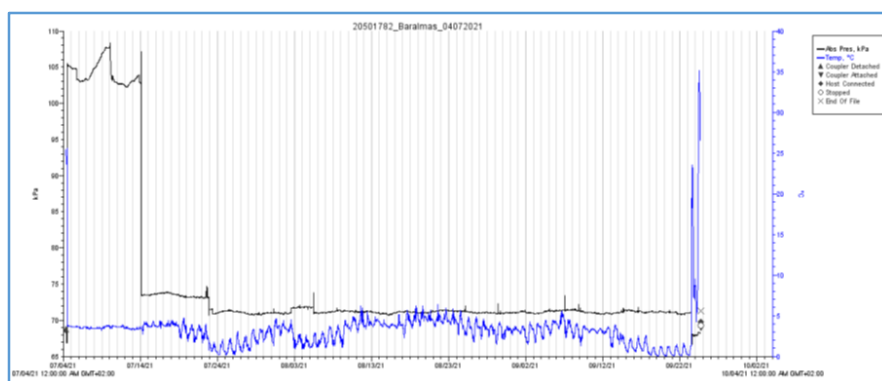
Обследование поверхности ледника Барылмаса с помощью беспилотника и сравнение со спутниковыми данными показали, что количество ледниковых озер на поверхности ледника увеличились, что является ярким признаком интенсивной деградации ледника.



А)



Б)



В)

Фото 13. Регистрации прорыва ледникового озера на леднике Барылмас, который продолжался 15 минут, а ущерб составил 20 млн сомони

2.1. Гидрохимическое обследование озера ледникового питания

Озеро Каракуль является самым большим озером Памира, расположенное в районе Мургаба на высоте 3914 метров над уровнем моря. Площадь поверхности — 380 км². Объём составляет 26.6 км³. Его наибольшая глубина – 236 метров. В озеро впадают несколько рек, основные из которых — Караджилга, Карарт, Акджилга и Музкол. Озеро имеет в основном ледниковое питание. В бассейне озера Каракуль имеется 483 ледника, 310 из которых имеют площадь более 0.1 км².

Уровень озера в 2020 году значительно ниже, чем предыдущие годы. Реки питающие озеро, в основном сезонные, вода в этих реках обычно, появляется в июле месяце. Однако, вода в этих реках в 2020 году появилась только в августе, что является признаком малого количества осадков и более холодного года в бассейне озера Каракуль в 2020 г.

Необходимо отметить, что в целом, уровень воды в озере Каракуль значительно повысился за последние 50-60 лет, при этом береговая линия озера переместилась примерно на 2-3 км и это привело к затоплению многих мелких островов, а также был затоплен единственный пресноводный родник, который население использовало, как источник питьевой воды.

В южной части озера идет заболачивание и подтопление берега на расстояние более пяти километров. Не исключено, что с каждым годом увеличивается риск прорыва этого огромного озера на этом месте.

К сожалению гидрологические наблюдения на озере Каракуль не ведутся с 90-х годов прошлого века. Гидропост разрушен и ставка гидролога ликвидирована.

Исходя из этого, необходимо со всеми заинтересованными организациями взять под контроль этот процесс и наладить постоянный мониторинг этого озера.

Озеро Искандеркуль - расположено на высоте 2195 метров над уровнем моря, между западными оконечностями Гиссарского и Зерафшанского хребтов. Общая площадь водной поверхности озера составляет 3.4 км², глубина озера достигает 72 метров, объём по данным 1978 года составлял 0.24 км³. В озеро впадают реки Сарытаг, Хазормечь, Сарима, а также мелкие горные ручьи. Из озера вытекает река — Искандердарья, входящая в бассейн Зеравшана. Площадь водосбора озера Искандеркуль составляет 28680 га. Озеро имеет в основном ледниковое питание. В бассейне озера Искандеркуль имеется 166 ледников, 65 из них с площадью менее 1.0 км².

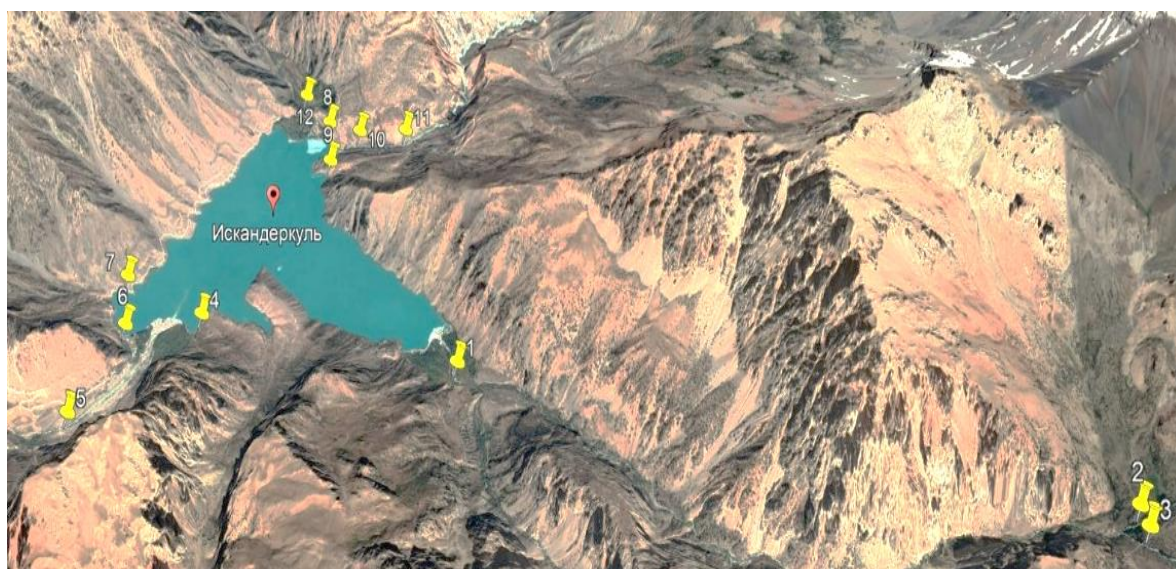


Фото 14. Место отбора проб для гидрохимического анализа в бассейне озера Искандаркуль

Для определения содержания тяжёлых металлов из озёр ледникового питания брали пробы с донных отложений озёр Каракуль и Искандеркуль во время экспедиционных работ в 2019 г. При сборе образцов фиксировались координаты места сбора проб, производили упаковку, маркировку и транспортировку в лабораторию для дальнейшего изучения.

Для изучения элементного состава проб использован метод рентген флуоресцентного анализа. Измерения проводились на волнодис-персионном рентген флуоресцентном спектрометре «Спектроскан МАКС-G».

Сравнительный анализ проб Каракуля и Искандеркуля по определению содержания тяжёлых металлов (ТМ) в форме свободных элементов и оксидов показал превышения от ПДК в 1.41 раза, и относительно Кларка почвы в 1,88-5.88 раза. В почве Каракуля не обнаружен TiO₂. Содержание кобальта в 1.91 и свинца в 1.83 раза больше в Каракуле, чем в Искандеркуле. Никеля в 2.27 раза, железа в 1.76, цинка и ванадия в 1.26 раза больше в Искандеркуле, чем в Каракуле. Это говорит о воздушном переносе тяжёлых металлов из дальних расстояний на ледники и высокогорные озера

2.2. Разработка Атласа (каталога) ледников Таджикистана

В Советский период для разработки Каталога ледников СССР потребовалась пятьдесят лет и были привлечены сотни научных и технических работников. Благодаря инновационной технологии, дистанционное зондирование и спутниковых данных позволило сотрудникам Центра за короткий период технически подготовить 12-томов Атласа (каталог) ледников Таджикистана, в котором указаны расположение ледников, их количество, а также впервые представлено цветное изображение каждого ледника с указанием географического положения и размера в формате HD. Также учтены и указаны все координаты и расположения всех деградированных ледников и вновь выявленных ледников. Для доработки этих атласов ледников, потребуется высокоскоростные компьютеры.

В настоящее время опубликован «Сводный Атлас (каталог) ледников Республики Таджикистан». Данное издание дает общую информацию о состоянии ледников, их количестве, расположении в бассейнах рек Оби Хингоб, Сурхоб, Пяндж, Зеравшан, Гунт, Бартанг, Ванч и Мургаб.

Следует отметить, что сотрудники Центра на основании анализа спутниковых данных, беспилотных летательных аппаратов и экспедиционных работ выявили не только серьёзные деградации и исчезновение ледников, особенно ледников меньше одного квадратного километра, но также обнаружили новые ледники, которые ранее не были отражены в Каталоге СССР. На данный момент идет верификация полученных результатов. Это является хорошим достижением в области гляциологии, криосферы и водных ресурсов страны. Эти данные являются реальной и достоверной информацией для правительства, общественности и международных организации об общем состоянии ледников Республики Таджикистан в ходе изменения климата.

Применение современной технологии позволило нам выявить, много не точностей при подготовке первого издания каталога ледников СССР. Это касается количества и площади ледников, а также их расположения. Возможно это связано с технической возможностью и методов обработки данных того времени.

Сегодняшние достижения науки, использование инновационных технологий, мощных компьютеров, новых приложений и моделей отрасли позволяют выполнять визуальную работу с помощью глобальных программ более точно и корректно.

3. РЕАЛИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ/ ПРОГРАММ

Поскольку Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников НАНТ» основано в 2018 году, после получения свидетельства о государственной аккредитации научных учреждений, что является одним из основных требований для реализации исследовательских проектов/программ, в 2020 году учёными Центра разработаны два бюджетных проекта НИР для реализации в 2022-2026 гг. на тему: «Исследование по изучению баланса массы, объёмов и процессов сокращения ледников в условиях изменения климата в Республики Таджикистан», и «Разработка Атласа ледников Республики Таджикистан с использованием современных ГЕО -информационных технологий».

Выше перечисленные проекты/программы были представлены в Координационный Совет НАНТ для рассмотрения и были успешно изучены экспертной комиссией, как актуальные темы. А также учёными Центра были подготовлены ещё два проекта на темы: «Микробиологический мониторинг ледников Таджикистана», и «Радиоизотопные изучение ледников, снежного покрова и талых вод Республики Таджикистан», которые также одобрены.

4. Вклад директора Государственного научного учреждения «Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана» в развитие науки

Профессор Каюмов Абдулхамид – один из таджикских учёных климатологов, завоевавший особую репутацию не только на национальном, но и на мировом уровне. Он также признан в стране как учёный, активно участвующий в развитии стратегических секторов страны как на национальном уровне, так и в региональном уровнях. Его весомый вклад отражается в подготовке ряда Планов и Концепций, одобренных Правительством Республики Таджикистана, в том числе:

1. Концепция перехода Республики Таджикистан к устойчивому развитию Душанбе, 2007 г (Постановление Правительства РТ, от 01.10.2007, № 500,);
2. Отчёт и План действий по повышению национального потенциала для выполнения обязательств Республики Таджикистан по глобальным экологическим конвенциям. - Душанбе, 2005 г. (Постановление Правительства РТ, от 06.06.2005, № 2020,))
3. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата (Душанбе, 2002 г.).
4. Первый (2002 г.), второй (2008 г.) и третий (2014 г.) Национальные сообщения об изменении климата Республики Таджикистан.

Профессор Каюмов А., также принимал активное участие в разработке стратегии Всемирной Метеорологической организации на 2020-2030 гг, который был утвержден со стороны конгресса ВМО в 2019 г. Он был единственным представителем от стран СНГ.

5. High Mountain Water, Weather, and Climate. - High Mountain Summit, WMO, Strategy of WMO for 2020-2030 years Geneva, Switzerland, 2019.

Начиная с 1978 года по настоящее время, он участвует в национальных и международных экспедициях, в том числе в составе Советской экспедиции в Антарктиду в 1983-1984 годах. Каюмов Абдулхамид был первым таджиком, побывавшим на шестом континенте Антарктиды, в качестве исследователя. По результатам экспедиционных работ защитил кандидатскую диссертацию (1988), затем докторскую (2000г.). За научные достижения в 2002 году ему было присвоено звание профессора.

В 2019 за активную работу в области криосферы, гляциологии и изменения климата ему было присвоено звание Академика Международной академии по безопасности и жизнедеятельности.

Он принимал активное участие в организации Инженерной Академии в Таджикистане. С 1995 года является член корреспондентом Инженерной академии Республики Таджикистан.

По результатам научных экспедиций им опубликовано более 270 научных работ, в том числе 32 книги и монографий.

В соответствии с постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 ноября 2007 года профессор Каюмов А. был назначен учёным секретарём «Организационного комитета Международного полярного года в Республике Таджикистан». По поручению Основателя мира и Национального единства – Лидера нации, Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона в 2008-2009 годах профессор Каюмов А. организовал первую научную экспедицию Таджикистана в Антарктиду и 6 января 2009 г. поднял государственный флаг Таджикистана на шестом континенте - Антарктиды.



Фото 15. Флаг Республики Таджикистан после двухмесячного океанского плавания был водружен в Антарктиде 6 января 2009 года

По результатам экспедиционных работ проводил сравнительный анализ динамики деградации ледников Памира и Антарктиды в условиях глобального потепления. Было установлено, что тенденции деградации ледников в Памире и Антарктиде одинаковые, только они отличаются масштабом.

Конечная цель - антарктической экспедиции – дальнейшее усиление научного и политического положения Таджикистана на международной арене как устойчиво развивающейся страны в мировом сообществе. Для популяризации этих достижений и воспитание молодежи в духе повышения самосознания и самоопределения профессор Каюмов А. основал «Музей Антарктиды» в Республике Таджикистан, где в числе прочих экспонатов, хранится флаг, поднятый им в Антарктиде.

С 2018 года он является директором Государственного научного учреждения «Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана». Ему удалось создать современную школу гляциологов отвечающую всем требованиям мировых стандартов. Организовал научную работу с применением современных инновационных технологий на самом высоком уровне.

Под руководством профессора Каюмова Абдулхамида была заложена основа для разработки Атласа (каталога) ледников Республики Таджикистан, что является значительным достижением в области гляциологии и криосферы на глобальном уровне. Технически подготовлены двенадцать томов каталога ледников в настоящее время идет верификации полученных данных, а сводный том каталога ледников подготовлен к изданию.

На основании письма ЮНЕСКО (27.02.2017 года № 29) Правительство Республики Таджикистан (06.04.2017 № 28 /10-7) назначило профессора Каюмова Абдулхамида

координатором проекта ЮНЕСКО «По снижению уязвимости население от прорыва ледниковых озёр», что является одним из важнейших вопросов в снижении ущерба экономике и населению Республики Таджикистан в процессе изменения климата.

Как единственный полярник из Республики Таджикистан и с учетом достижения в Антарктических и Памирских экспедициях, профессора Каюмова Абдулхамида назначили координатором от Республики Таджикистан в Международной метеорологической организации (ВМО) по криосфере и гидрологии. Он также является представителем Таджикистана во «Всемирной службы мониторинга ледников» (WGMS, Швейцария).

Сегодня профессор Каюмов А. заложил прочную основу в подготовке высококвалифицированных кадров гляциологов и климатологов, подготовил и повысил уровень знаний на научной и инновационной основе востребованных в современной науке.

В 2021 году организовал и зарегистрировал в Министерстве культуры Таджикистана профильный научный журнал с высокими международными требованиями «Криосфера», который будет издаваться четыре раза в год.

5. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ЦЕНТРА

Опубликованы:

1. Қаюмов А.Қ. Сандукчаи иқлимӣ (дастурамал барои мактаббачагон) / В. Бердин, Е. Грачева, Ю. Добролюбова. – Д.: «Маориф», 2018. -324 с.
2. Каюмов. А Климатическая Шкатулка (пособие для школьников). / В. Бердин, Е. Грачева, Ю. Добролюбова – Д.: «Маориф», 2018. -324 с.
3. Каюмов А.К., Кабутов Х., Каюмова Д., Наврузшоев Х., Джалолова Д., Давлатов Дж. Деградация ледников бассейна реки Камаров в условиях изменения климата //Инженерная академия. – Д.: 2019.- С.23-27.
4. Kayumov A. Glacier monitoring, capacity building and related cryospheric research in Central Asia (Martin B. Sachs T. et all.). - General Assembly of the EGU 2020.Online May 4–8, 2020. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/EGU2020-5135.html>
5. Kayumova D. Water quality in urbanized alpine catchments of Central Asia - what happens after the ice? - EGU General Assembly 2020. Online May 4–8, 2020 (V. Yarpiev, A. Kayumov, Rakhimov I. et all) <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2020/session/3548>
6. High Mountain Water, Weather, and Climate. - High Mountain Summit, WMO, Strategy of International Organization for 2020-2030 years Geneva, Switzerland 2020. 50p. (Kayumova A, et all)
7. Каюмов А. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в озерах Каракуля и Искандаркуля /Абдуллоев С.Ф., Минукулов Н.Х., Каюмова Д.А //Учёные записки ГОУ ХГУ, - 2020.-№3 (54).- С. 51-53.
8. Каюмова А.К., Деградация оледенений и оценка её влияния на развитие гидроэнергетики Таджикистана /Арифова Х.О// Вестник Таджикистан и современный мир, - 2020. - №3 (71).-С. 147-154.
9. Каюмов А.К.Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер ледникового питания /Абдуллаев С.Ф., Минукулов Н.Х. Каюмова Д.А// Известия АН Республики Таджикистан, - 2020. - №2(179) .- С.20-26
10. Каюмов А.К., Перспективы развития гидроэнергетики в условиях климатических изменений и деградации ледников” //А.К. Каюмов, Х.О Арифов / Экономика Таджикистана, -2021. -№1.-С.117-122.
11. Каюмов А. К.,Содержание тяжелые металлов в донных отложениях реки Варзоб

- //А.К.Каюмов, С.Ф. Абдуллаев, Д.А.Каюмова / Известия Национальной академии наук Таджикистана,- 2020.-№4 (181).- С.129-137.
12. Каюмова А.К., Статистический анализ содержания тяжелых металлов и изотопов в составе атмосферного аэрозоля и почв высокогорных зон Таджикистана/ А.К. Каюмов, С.Ф. Абдуллаев, Д.А. Каюмова // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. -2020. -№4. -С.147-154.
 13. Каюмова Д.К., Содержание тяжелых металлов в пробах марен ледника № 507. / Д.А.Каюмова, С.Ф. Абдуллоев, А.К.Каюмов, Н.А. Шарипова // Материалы II – ой Международной научно – практической конференции “Роль женщин – ученых в развитии науки, инновации и технологий”, 2021.- С 151- 157.
 14. Наврузшоев Х.Д., Деградация ледников южного склона Рушанского хребта по космическим снимкам и Каталогу ледников СССР.// Известия Национальной академии наук Таджикистана, - 2020.-№4 (181).- С.137-147.
 15. Насруллоев Ф.Х., Концептуальная модель регионального обеспечения водно-энергетической безопасности в условиях изменения климата / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Н.Б. Курбонов, Ф.Х. Насруллоев// Известия Национальной академии наук Таджикистана,- 2020.-№4 (181).- С.157-164.
 16. Каюмов А.К., Гидрохимическая и бактериологическая оценка реки Варзоб и его притока Такоб /А.К. Каюмов, Ф.Х. Насруллоев. Насурдинов Р.С. // Сборник статей Национальной научно- практической конференции с международным участием «Водные ресурсы-основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке». 19-20 марта 2021г. -С.56-61
 17. Каюмов А.К. “Инновационные методы изучения ледников /Сафаров М.С.// Захираҳои обӣ. энергетика ва экология, -2021, Душанбе. -№1(3). -С 39-43.
 18. Каюмов А.К. Крупные ледники бассейна реки Гунт, (Памир Таджикистан) / Наврузшоев Х Д., Кабутов Х.К.//Захираҳои обӣ. Энергетика ва экология, -2021, Душанбе. -№1(1). - С 43-50.
 19. Насруллоев Ф.Х. Роль Республики Таджикистан в решении глобальных водных и климатических изменений/Шоев С.С.// Научно-практический журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. Захираҳои обӣ. Энергетика ва экология, -2021, Душанбе. -№1(2). -С 48-53.
 20. Каюмов А.К. “Содержание тяжелых металлов в пробах атмосферных осадков и почв моренах ледника Баральмос”// Осори илмӣ Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон. - 2021.- С.28-34.
 21. Стандарти Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба истилоҳот ва тавзеҳоти пиряхҳои Тоҷикистон, нашри расмӣ.- Душанбе- 2021.-24с.
 22. Феҳристи истилоҳоти пиряхшиносӣ бо забони тоҷикӣ. -Душанбе, 2021,- 24с
 23. Каюмов А.К. Государственное научное учреждение “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана” /Национальная академия наук Таджикистана.-Душанбе: Дониш, 2021. – С. 271-290.
 24. Қаюмов А.К. Маркази омӯзиши пиряхҳои АМИТ /Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. -Душанбе: Дониш, 2021. – С. 281-302.

6. СОТРУДНИЧЕСТВО С НАЦИОНАЛЬНЫМИ И МЕЖДУНАРОДНЫМИ НАУЧНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Государственное научное учреждение “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана” сотрудничает с Всемирной Метеорологической Организацией

(ВМО), Всемирной службой мониторинга ледников (WGMS), Программа развития ООН (ПРООН), Университетом Фрибурга (Швейцария), Потсдамским университетом и университетом Гумбольдта (Берлин, Германия), Китайским Центром по экологии в Таджикистане, МГУ имени Ломоносова, Институтом Географии РАН, Казахско-Немецким Университетом г.Алма-Ата.



Фото 16. Международная научная экспедиция (Таджикистан, Швейцария, США, Франция) перед выездом на ледники Кызылсу и Барылмас в верховья реки Сурхоб. В центре президент НАНТ академик Фарход Рахими, слева профессор Франческо и профессор Каюмов Абдулхамид, перед выездом в экспедицию

В рамках проекта SICADA (Криосферное климатическое обслуживание для улучшения адаптации) от Швейцарских партнеров Центр получил обмундирование и оборудование, в частности термобур и автоматическую метеорологическую станцию для проведения научных работ на ледниках. Сотрудники Центра принимают активное участие в вебинарах Казахско-Немецкого университета г.Алма-Ата. В ходе вебинаров обсуждались научные темы, а также совместные научные работы.



Фото 17. Подписание договора о сотрудничестве с деканом факультета географии МГУ имени М.В. Ломоносова (2019 г)

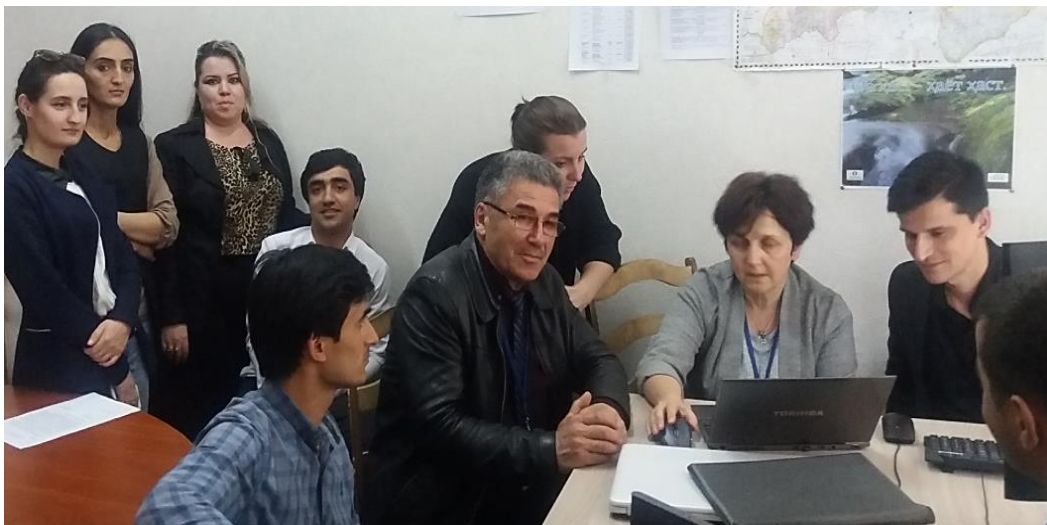


Фото 18. Обсуждение планов совместной научной работы с международным партнёром в Центре

7. ГЕНДЕРНОЕ РАВЕНСТВО

Необходимо подчеркнуть, что Центр уделяет особое внимание вопросу гендерного баланса, который является одной из последовательной политики Основателя мира и национального единства, Лидера нации, Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона.

В Центре учредили "Ассоциацию женщины и ледники", которая проводит широкий спектр международных мероприятий с женщинами-гляциологами на региональном и международном уровнях. Женщины Центра принимают участие практически во всех научных экспедициях по изучению и мониторингу ледников. Основная цель привлечение женщин в научные международные экспедиции заключается в расширении знаний о ледниках среди женщин



Фото 19. Сотрудники Центра на высоте 2900 метров, перед подъемом на ледник Дидадь (2019 г.)

8. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ

Основатель мира и национального единства – Лидер нации, Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон в Послании Маджлиси Оли Республики Таджикистан 26 декабря 2019 отметил о глобальном потеплении и его влияние на климат стран. В частности, он подчеркнул, что «Необходимо совместно с международными и региональными структурами предпринять меры, в том числе организовать научные экспедиции по изучению состояния ледников». В этом аспекте Центр намерен расширять участие международных партнеров в экспедициях по изучения ледников.

В ближайшее время будет разработан проект по изучению и оценки состояния подземных ледников и вечной мерзлоты в условиях высокогорья, что имеет важное стратегическое и народнохозяйственное значение в связи с освоением высокогорных районов страны, а также строительства международных трасс на высоте выше 3500 метров над уровнем моря.

На базе ледников ГПП и Якарча необходимо создать научные полигоны для подготовки специалистов в области криосферы, гляциологии, гидрологии и гидрометеорологии. Это создаст платформу для подготовки и переподготовки квалифицированных специалистов в этих областях, а также прохождения практики для студентов профильных факультетов ВУЗ-ов.

Экологическая опасность гидросферы ставит перед мировым сообществом необходимость принятия неотложных мер по обеспечению безопасности жизни на планете. Понятно, что ни одно государство самостоятельно, даже приняв решительные меры не сможет справиться с экологическими угрозами. Следовательно, международное сотрудничество в этой области должно получать дальнейшее развитие, и необходимо принятие экологические стратегии, включая концепции и программы совместных действий стран. Таджикские специалисты считают, что Правительство Республики Таджикистан очень серьёзно относится к проблеме изменения климата и таяния ледников, были приняты меры по адаптации, а также налажен необходимый уровень сотрудничества с международными финансовыми институтами. Необходимо подчеркнуть, что в связи с изменением климата учёные также активно работают над проблемами горных экосистем, водного и сельского хозяйства.

Основатель мира и национального единства – Лидер нации, Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон объявил 2018-2028 годы Международным десятилетием действий «Вода для устойчивого развития», и призвал всех граждан Таджикистана принять активное участие в этом важном действии. Ссылаясь на инициативы Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона мы должны следовать мудрой политике главы государства, способствовать выявлению и исследованию свидетельств изменения климата и его ущерба водным ресурсам Таджикистана, а также использовать современные инновационные технологии такие как ГИС-технологии, дистанционного зондирования, и резюмировать изменения климата, а также его ущерб.

Следует отметить, что принимая во внимание национальные и политические интересы, а также с целью обмена новыми научными данными и их использования будут расширены обмен информации с международными институтами и всемирными финансовыми органами, что обеспечит хорошую основу для будущего национального развития и региональных отношений.

Одним из перспективных и стратегически важных направлений остается создание Международного фонда изучения и сохранения ледников,

Для авторов

Правила оформления статей представленных в журнал «КРИОСФЕРА» Государственного научного учреждения «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана» для публикации

Журнал «КРИОСФЕРА» Государственного научного учреждения «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана» освещает оригинальные и наиболее существенные результаты научных исследований в области криосферы, гляциологии, климатологии, метеорологии, гидрологии, экологии и санитарии.

Оформление статьи

Статья должна быть написана в сжатой форме, хорошо отредактирована и тщательно проверена. Рукопись должна быть представлена на таджикском, русском или английском языке в виде файла в формате MS Word (.doc или .docx), стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 14, с полуторным междустрочным интервалом.

Максимально допустимый объем статьи составляет 14 страниц или 40000 знаков включая пробелы. Рисунки также учитываются при объеме статьи (рисунок на одну страницу приравнивается к 1800 знакам). Объем заказных статей определяется редколлегией.

Строки внутри одного абзаца не должны переводиться в ручную («мягкий» ввод, пробелы, табуляции и пр.). Символ конца абзаца (¶ - «Enter») ставится только в конце абзаца.

Не набирать более одного пробела между словами, не делать разрядку пробелами внутри слова, смещение абзацев делать с помощью абзацных отступов, не отделять знаки пунктуации пробелами от предшествующего слова. Переносы в словах должны отсутствовать.

В начале статьи на языке оригинала указываются с красной строки:

- Номер по Универсальной десятичной классификации (УДК)
- Инициалы и фамилия автора (строчными буквами)
- Название статьи (строчными буквами)
- Название организации в которой выполнялась работа (*первого автора*)
- Краткая аннотация (150-250 слов)
- Ключевые слова (3 - 5).
- В конце статьи в той же последовательности информация приводится на английском и таджикском языках.

Статья должна содержать:

- краткое введение
- цель исследования
- материалы и методы исследования
- результаты исследования и их обсуждение
- выводы
- список литературы

Файл с текстом статьи должен содержать следующие сведения об авторе(ах):

- Полный список авторов (инициалы и фамилии). Необходимо указать, кто из авторов ответственен за переписку.

- Основное место работы каждого автора (если таковое имеется) в именительном падеже, занимаемая должность, ученая степень, звание автора(ов). Если авторы работают в разных организациях, то должно быть понятно, кто и в какой именно организации работает. Если все авторы статьи работают или учатся в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно.

- Адрес электронной почты автора, ответственного за переписку.

Пример оформления подрисуночной подписи Рис. 1. Название рисунка.
(располагается по центру)

Рис. 2. Название рисунка. (Times New Roman, кегль 12)

Таблицы и формулы

Оформление формул, таблиц, схем осуществляется с помощью стандартной панели инструментов.

Пример оформления заглавий таблиц,

Таблица 1.

Название таблицы. (располагается над таблицей, по центру)

Таблица 2

Название таблицы.

Под таблицей обозначается ссылка на основной источник.

Список литературы

Список литературы должен содержать библиографические сведения обо всех публикациях, упоминаемых в статье и не содержать указаний на работы, на которые в тексте нет ссылок. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Ссылки на иностранных языках остаются в оригинальном варианте.

Ссылки на цитируемую литературу даются в квадратных скобках, например: [1], [1,3-5]. Список литературы приводится общим списком (под заголовком «Литература») в порядке упоминания в тексте и оформляется следующим образом:

Для книг: фамилия и инициалы автора, полное название книги, место издания, издательство, год издания, том или выпуск, общее количество страниц.

Для периодических изданий: фамилия и инициалы автора, название издания, год издания, том, номер, первая и последняя страницы статьи:

Перед местом издания ставится тире, между местом издания и издательством - двоеточие, перед годом издания - запятая, перед названием журнала - тире.

Например:

1. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Природа Мира. Ледники. – М.: Мысль, 1989, -448 с.
2. Котляков В. М. Подвижки ледников Памира в первые 20 лет XXI века / В. М. Котляков, Л.В. Десинов, С.Л. Десинов, В.А. Рудаков // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2020. – Т. 495. – № 1. – С. 64-68. – DOI 10.31857/S2686739720110080.

«КРИОСФЕРА»

Муҳаррир:

Ороишгар: Х.Д. Наврузшоев

Мусахҳеҳ: Н.О. Бахтибекова